

Mobility 2030: 持続可能な社会を目指すモビリティの挑戦



日本語版

持続可能なモビリティ・プロジェクト

Overview 2004



World Business Council for
Sustainable Development

持続可能な発展のための世界経済人会議

序

モビリティの促進は、我々の企業活動において重要な位置を占めております。我々は、この実現をめざして、安価で安全な、環境負荷を削減した、そして最新で最適な技術を利用した輸送機関を、広く社会に満足して頂ける様に探し求めております。

我々はこのような目的を掲げて前進しつつあり、また多くの社会が同様の目標を共有していることを心強く思っています。しかしながら、こうした目標を達成するための方針は社会によって大きく異なり、我々参加企業のビジネスを取り巻く事情は、年を追うごとに複雑になってきています。こうした多様性に対応することも我々の課題です。

世界中の国や地域がモビリティを向上し、輸送による影響を軽減しようとしている現在、この2つの目標は多くの懸案事項の中でも優先事項として位置づけられています。その両方の達成が可能であるという統一した見解を我々は常に持ってきました。我々は4年前、その課題や選択肢について理解を深めるために、協力していく決意を固めました。

この協力の成果がMobility 2030です。この報告書には持続可能なモビリティ・プロジェクトの作業部会や分科会に参加した広範な領域にわたる12の参加企業からの200名以上のエキスパートによる、総体的な取り組みが反映されています。通常は熾烈な競争を繰り広げている参加企業が、このような詳細で合意に基づいた分析資料を作成できたことは注目に値する成果と言えます。

こうした成果を容易にするために、素晴らしい取りまとめ役を果たし基盤を提供してくれたWBCSDに、感謝の意を示したいと思います。また、諮問委員会を始めとする、外部の有識者による多大な貢献に対しても厚く御礼申し上げます。

Mobility 2030では、持続可能なモビリティに関するビジョンとこれを達成するための方法が述べられています。報告書ではま

ず、経済・社会・環境という多種多様な側面をつなぎ合わせる枠組みを築きました。そして、我々が現在直面している重要な問題や選択肢を特定しながら、今後重点を置く行動の目標を策定し、その基盤となる経路をいくつか示してきました。しかし言うまでもなく、こうしたプロジェクトは、あらゆる社会で起きている極めて複雑で多様なテーマへと導く序章に過ぎません。

我々は最初の研究報告となるMobility 2001を作成することから本プロジェクトを開始しました。Mobility 2001では、世界のモビリティの現状を評価し、モビリティをさらに持続可能なものにするための課題を特定したのです。

今回の報告書ではこの考えを発展させ、持続可能なモビリティを達成させる方法、またそのための進捗を確認する方法についても示しています。報告書は道路輸送に焦点を当てていますが、これは参加企業のこの分野における専門知識を反映するものとなっています。Mobility 2030では、燃料や車両技術についての内容が重要な役割を果たしています。我々は、他の業界および利害関係者（ステークホルダー）がこれに触発されて、この報告書と同様の視点をもって独自の研究に着手することを期待しております。

競争市場で事業を行う企業として、我々はどのような技術を採用し、どのような期間で進めるかについて異なった見解を持つ可能性があり、またそれが現実でもあります。Mobility 2030には、最適な解決策を見出し提案するという中心的な目的を損なうことなく、このような見解の相違が反映されていると考えています。

学ぶべきことはまだ多く残されています。特に、持続可能なモビリティの課題においては、社会がどのように効果的に関わることができるのかについて最善の方法を見つけなければなりません。しかしそれでもなお、輸送関連の製品やサービスの提供に深く関わる企業として、我々はこのプロジェクトが、持続可

能性という課題を発展可能なかたちで前進させることができた
と考えております。

Mobility 2030は、新たに連携を取って行う取り組みを指し示
していますが、多くのことがすでに現実のものとなりつつあり
ます。道路安全については、先進国と発展途上国の両方におい
て、車両の乗員と歩行者の安全性予測を向上させるためのプロ
グラムが参加企業の間いくつか存在します。加えて、参加企
業は当報告書で明確に打ち出された問題に取り組む一方で、顧
客が求めるモビリティ選択肢の提供を模索しています。この動
きによって、現在、代替燃料およびパワートレインの開発を進
めている業界パートナーシップなど、道路安全以外の領域にお

いても多くのことが進行しています。また我々は、報告書に示
されている、発展途上国における重大な課題にも焦点を当てて
います。

持続可能なモビリティを達成するならば、世界中の社会のあら
ゆる部分からの貢献が必要になる——これが、Mobility 2030
の示す明確なメッセージです。我々参加企業は、これに貢献す
るよう決意しています。本プロジェクトの活動を進めることで、
これから協力していく上での自分たちの役割や分野を明確にす
ることができるようになるでしょう。皆様方の国および組織が、
本報告書が示す内容を踏まえて新たな成果を積み重ねていくこ
とを期待して、この研究成果をご報告する次第です。

General Motors Corporation

Mr. Thomas A. Gottschalk
Executive Vice President, Law &
Public Policy and General Counsel
Project Co-Chair

Toyota Motor Corporation

Dr. Shoichiro Toyoda
Honorary Chairman, Member of the Board
Project Co-Chair

Royal Dutch/Shell Group of Companies

Mr. Jeroen Van der Veer
Chairman of the Committee of Managing Directors
Project Co-Chair

BP p.l.c.

Lord Browne of Madingley
Group Chief Executive

DaimlerChrysler AG

Prof. Jürgen E. Schrempp
Chairman of the
Board of Management

Ford Motor Company

Mr. William Clay Ford, Jr.
Chairman and
Chief Executive Officer

Honda Motor Co., Ltd.

Mr. Takeo Fukui
President and
Chief Executive Officer

Michelin

Mr. Edouard Michelin
Managing Partner

Nissan Motor Co., Ltd

Mr. Carlos Ghosn
President and
Chief Executive Officer

Norsk Hydro

Mr. Eivind Reiten
President and
Chief Executive Officer

Renault SA

Mr. Louis Schweitzer
Chairman and
Chief Executive Officer

Volkswagen AG

Dr. Bernd Pischetsrieder
Chairman of the
Board of Management

ビヨン・スティグソン WBCSD事務総長

持続可能性を追究する中で、個々の企業にできることは多々あります。しかし、取り組むべき課題は複雑すぎて、たとえ大企業であっても独力で取り組むのは困難です。適切な枠組みを形成することは不可欠であり、それは企業のバリューチェーン全体を通じた協力によってのみ効果的に実行できるものです。また、課題に対処する方法についての共通の理解を得るために利害関係者（ステークホルダー）との幅広い対話も必要です。これは、メンバー主導の分野別プロジェクトとして、WBCSDでは最大規模となる持続可能なモビリティ・プロジェクトの核心部分です。

今になって振り返ってみれば、4年前にこのプロジェクトが立ち上げられた当初、途方もなく意欲的な趣旨としか言いようのないものに我々は取り組んだのでした。それは、先進国と発展途上国の両方におけるあらゆる輸送形態のモビリティの現状を評価し、持続可能なモビリティを実現するとすればどのようなものになるのか、どのようにしてそこに至るのかについてビジョンを構築しようというものでした。参加企業の飽くなき情熱は賞賛に値するものでしたが、それは、問題の表面をなぞるだけになるという危険もはらんでいました。徹底した研究を行うために、参加企業は最終的に、よりのめを絞ったアプローチを取ることになり、出発点として道路輸送を選択しました。

持続可能なモビリティへの道は平坦なものにはならないでしょう。本プロジェクトの最初の報告書 *Mobility 2001* は、20世紀末時点でのモビリティの状況を客観的に描いたものですが、今後の見通しがいかに困難であるかということを示していたのです。それでも私は、本プロジェクトはこれまでに約束したことを成し遂げてきたと言うことができます。その約束とは、世界のさまざまな地域において、持続可能なモビリティの姿はどうあるべきか、そしてそれを実行するために何が必要かということについて、確かな情報に基づき綿密に調査された説明をすることでした。本報告書は、参加企業が持続可能な発展に向けて、これからも継続的に貢献していこうという姿勢を証明するものです。

本プロジェクトでは、これまでに実施されたあらゆるプロジェクトよりもさらに踏み込んだ取り組みが見られた領域がありました。モデリングの挑戦に始まり、現在我々が置かれている位置と、我々がたどり着きたいと願う地点との差がどれほどの

かを測定するまでに至る試みです。私はその最大の成果として、2つの要素が挙げられると考えています。1つ目は膨大な量の知識を収集したことです。プロジェクトの活動期間中ずっと、専門家達がサンパウロから上海、プラハからケープタウンなど、世界各地を飛び回り、社会のあらゆる階層のステークホルダーと対話を行ってきました。また、よりどころとなるあらゆる知的情報源を活用し、真に注目すべき実績を残したのでした。

2つ目は、本プロジェクトによって、自動車技術、燃料および部品サプライヤーを代表する大企業の中核的なグループの中で、かつてない協力関係が育まれたという成果です。このグループは総計で世界全体の自動車生産能力の4分の3以上を占めていました。このような企業の参加と積極的な取り組みは、持続可能なモビリティが、遠い道のりではあるけれども、いずれ達成されるものであると信ずるに足る根拠を示すものです。

参加企業の皆様ならびに3名の共同議長の皆様に対しましては、そのビジョン、強力な支援、そして各社の専門家をこのプロジェクトに参加できるよう計らってくださったことに対し感謝の意を表したいと思います。また、WBCSDの活動を支えてくれた同僚、Per Sandberg、Michael Koss、Tony Spalding、Arve Thorvik、Kristian Pladsen、Peter Histon、John Rae、Claudia Schweizer、Mia Bureauに特別の感謝を捧げます。

また、本プロジェクトに献身的に取り組んでくださった作業部会にも感謝したいと思います。特に、Charles Nicholsonは、その外交および意見調整の手腕を発揮して作業部会を効果的に機能するチームに仕立て上げてくれました。また、リード・コンサルタントを務めるGeorge Eadsには、その経験、極めて明晰な考察、そして責任ある取り組みによって、*Mobility 2001* および *Mobility 2030* を完成させる上で重要な役割を果たしていただきました。さらに、国際エネルギー機関のLew Fultonの多大なる貢献に対しても、ここにお礼の言葉を述べておきたいと思います。

最後になりましたが、Simon Upton議長の下で研究の初期段階から最終報告書の完成に至るまで、研究の質と妥当性に対し細心の注意を払ってくださった諮問委員会にも感謝の意を表したいと思います。有り難うございました。



Bjorn Stigson
President, WBCSD

目次



I.	はじめに	6
II.	モビリティとその持続可能性の展望： 現在の傾向が継続する場合	7
III.	輸送機関の技術および輸送用燃料の可能性： 持続可能なモビリティの「積み木（基本要素）」	10
A.	軽量車（LDV）	11
1.	推進システム技術と燃料	12
2.	推進システム以外の車両技術	17
B.	LDV以外の道路車両への応用の可能性	19
C.	道路車両以外の輸送機関	20
IV.	持続可能なモビリティの目標と その達成に向けてのアプローチ	20
V.	上記の目標を達成する上での「積み木（基本要素）」、 「てこ（誘導・促進策）」、「制度的枠組み」の役割	26
VI.	我々企業の目標達成に向けた貢献	27
VII.	将来に向けて	28



はじめに

このOverviewは持続可能な発展のための世界経済人会議（WBCSD）の持続可能なモビリティ・プロジェクト（SMP）の最終報告書の要約である。我々は2000年4月にSMPを立ち上げた。これは、現在や将来における他の人間や生態系の基本的価値を犠牲にすることなく、自由に移動し、目的地へ到達し、連絡を取り、交易をし、関係を樹立するための社会の必要性の理解に努めるためである。

我々参加企業は皆、モビリティに深くかかわりがある企業である。参加企業のうち8社は輸送機器を製造している。3社は輸送燃料の供給企業である。道路車両用タイヤの世界最大の製造企業もあれば、自動車産業のための軽金属を製造する企業もある。こうしたすべての企業にとっての長期的な成功は、今後いかにモビリティを発展させることができるかにかかっている。モビリティが持続可能にならなければモビリティ分野の長期にわたっての繁栄はないというのが参加企業すべての一致した見解である。

本書は、SMPが発行する2番目の主要報告書である。最初の報告書Mobility 2001は、2001年10月に発行され、そのなかでは、20世紀末時点での世界のモビリティ、およびその持続可能性の状況を評価した。Mobility 2001の主なメッセージは、その最終章「世界のモビリティとその持続可能性に関する課

題」の導入部分に述べられた内容に集約することができる。

「先進国の住民の大多数にとっては、人のモビリティも貨物のモビリティもかつてない水準に達している。しかし人のモビリティは、年齢、所得、場所によって大きく異なる。それに対し、発展途上国の人々の大半は、モビリティの不足や悪化に悩んでいる。最大の課題は、発展途上国の都市が成長しモータリゼーションが急速に進んでいることである。21世紀半ばまでに持続可能なモビリティを実現するには、少なくともモビリティに関する7つの『大いなる挑戦』に取り組む必要がある。さらに、モビリティ以外の課題——これらの『大いなる挑戦』に対応できる制度的機能の確立——にも対処しなければならない。」（SMP 2001 第7章ページ1）

Mobility 2001の発行後、SMPでは、報告書に挙げられたモビリティ関連の動向が今後数十年の間にどのように変化していくのか、どのような手法であれば輸送の持続可能性を高めながらその発展に貢献できるのか、またこうした手法を成功させるために何が必要なのかを評価してきた。

この評価の結果、その実現に向けて社会が真剣に取り組む必要があると我々が信ずる7つの目標を特定した。

1. 輸送関連の従来型排出物（一酸化炭素（CO）、窒素酸化物（NOx）、揮発性有機化合物（VOC）、粒子状物質（PM）、鉛（Pb））を、世界のいかなる場所でも公共の健康への深刻な懸念にならないようなレベルにまで削減する。
2. 輸送関連の温室効果ガス（GHG）排出量を持続可能なレベルにまで抑制する。
3. 衝突事故による世界の輸送関連の死亡・重傷者数を大幅に削減する。これを達成するための活動は、急速にモータリゼーションが進む発展途上国において特に必要とされている。
4. 輸送関連の騒音を削減する。
5. 交通渋滞を緩和する。
6. (a) 最貧国と富める国の平均的な国民の間、(b) ほとんどの国における恵まれない人々と平均的市民との間のそれぞれの「モビリティ格差」を縮小する。
7. 一般の人々が利用できるモビリティ機会を保護し、高める。

目標そのものは、社会全体を対象としており、我々は、これらの目標を今後幅広い利害関係者（ステークホルダー）との対話を継続していく上での第一歩として提案している。モビリティ関連の活動における重要な参加者として、SMPの参加企業はこれらの目標の多くを達成させるうえでの役割を果たしていかなければならない。しかし、どの目標もSMPメンバーの努力のみで達成できるものではない。むしろ、民間企業、政府および国民全体を巻き込む協力的な取り組みが必要である。

これらの目標が必要であると我々に確信させたものは何だろうか。ひとこと言うなら、将来をのぞいた時、モビリティの姿に懸念を抱いたということだ。



II.

モビリティと その持続可能性の展望： 現在の傾向が継続する場合

将来の姿を把握するために、我々は2050年にいたるまでのモビリティの主な傾向の予測を立ててみた。これらの傾向を考える際に、「予測」と「予想」の違いを理解するのは重要なことだ。予測は数学的な試算、つまり特定の変化率と開始時の状況から算出される結果である。予測においては、本質的に、試算に使用されるすべてのレベルや変化率が必ず正しいものである必要はない。これに対して予想は、使用されるデータが他のデータよりも正しいものである可能性が高いという仮定に基づいている。したがって、予測に比べて可能性がより高いものとして受け取られる。

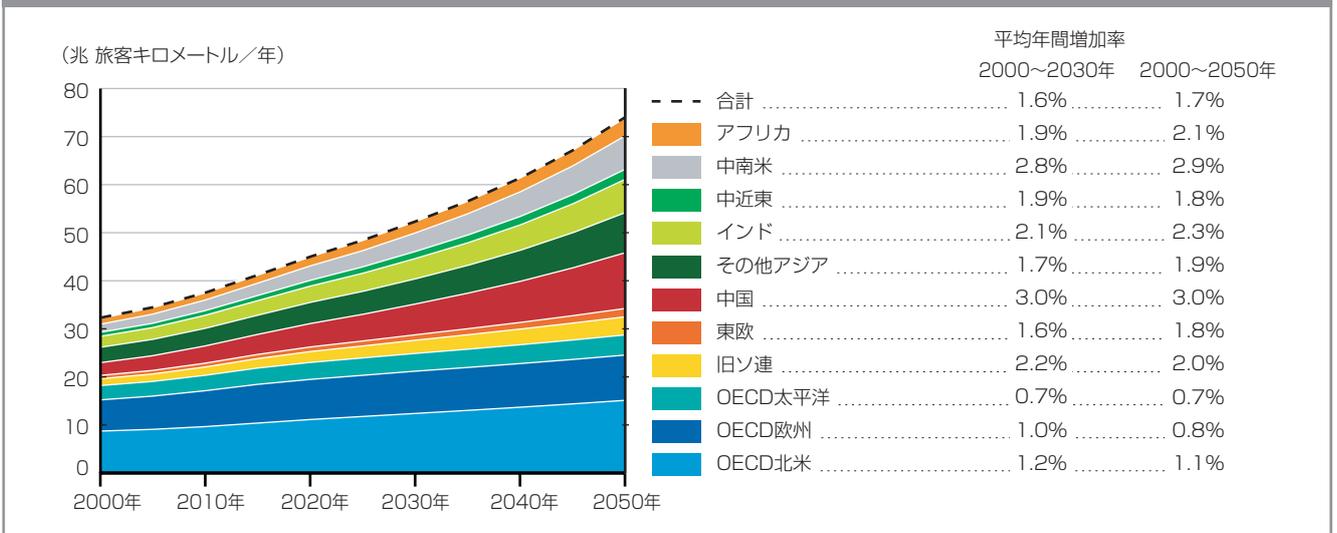
我々の立てた予測というものは、現在の傾向が続くという仮定に基づいている。それは、(a) 経済成長や人口増加についての「主流の」予測が現実のものとなること、(b) 技術開発の一般的な道筋と、その輸送システムやサービスへの組み込みがこれまでの数十年間と同様に継続すること、そして(c) 現在の方針は実行され続けるが新たな活動が開始されないこと、などを意味している。

現在のあらゆる傾向が今後も続くわけではないということは明らかだ。よって変化の影響を測定するためには、予想ではなく予測をベンチマークとして使用するべきである。

我々の予測の出発点となったのは、国際エネルギー機関（IEA）の研究であった。IEAは、OECDの枠組みのなかで国際的なエネルギープログラムを実施するために1974年に創設された自治機関である。IEAは、OECD30カ国のうち26カ国間でエネルギー協力の包括的プログラムを実施し、また、『世界エネルギー展望』（WEO）という隔年の報告書を発行している。（IEA 2002年）報告書のなかでIEAは、燃料の種類やエネルギーの主要な利用分野ごとに、世界全体、主要地域およびこれら地域内の特定の国々のそれぞれにおける長期的な需要と供給の予測をたてている。IEAが予測を行っている分野の1つに輸送分野がある。

WEOの輸送分野の予測における記載の詳しさや設定された時間枠は、本プロジェクトのニーズを満たすものではなかった。したがって、我々はIEAのエネルギー政策・技術部に委託し、輸送分野のエネルギー技術展望モデルを大幅に拡充した。そのためIEAの専門家とSMPのメンバーは協力し合い、輸送分野の詳細な表計算モデルを作成した。この表計算モデルこそ、本プロジェクトのいくつかの持続可能なモビリティの指標において、予測を定量化する際に利用されたモデルである。またその他の指標についてもこのモデルは方向性を判断するうえで役立つ。こうして立てられた予測がSMP

図0.1 人の地域別輸送活動



出所：持続可能なモビリティ・プロジェクトによる算出

において「基準ケース」と呼ばれるものである。

この基準ケースにおいては：

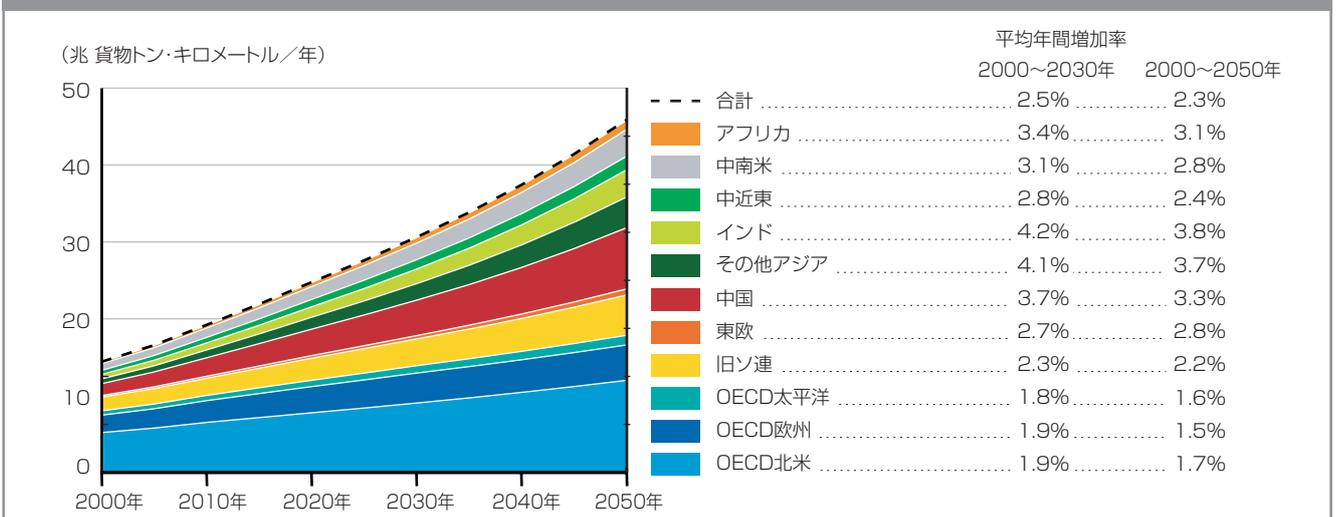
- 主に1人あたり実質所得の伸びなどにより、人と物の輸送活動は世界中で急速に増加している。発展途上国における輸送活動の増加は特に急速である。しかしながら、この成長は (a) 最貧国と先進国の平均的な国民との間、および (b) ほぼすべての国内に存在する平均的な国民とそれ以外のグループとの間の、「モビリティ

機会の格差」を克服するには充分ではない。

- ほとんどの先進国においては、人のモビリティの利用度はすでに高いが、これはさらに向上する。しかしこれが将来、発展途上国の一般住民にもあてはまるかどうかは大きな疑問である。
- 物のモビリティをより向上させることで、消費者が、より多くの、より豊富な種類の物を、より低コストで得られるようになり、それによって経済成長や発展が実現する。

- 今後10~20年間で、先進国において輸送関連の従来型排出物（CO₂、NO_x、VOC、PM）は急激に減少する。一方多くの発展途上国では、都市部および都市化が進む地域において、少なくとも今後数十年間はそれらの排出物は増加するが、その後は減少する。
- 輸送関連のGHG排出量は、特に発展途上国では大幅に増加する。輸送車両のエネルギー効率は改善するが、その改善によるGHG排出量抑制効果は、車両数と平均的な利用の増加に

図0.2 道路・鉄道貨物の地域別輸送活動

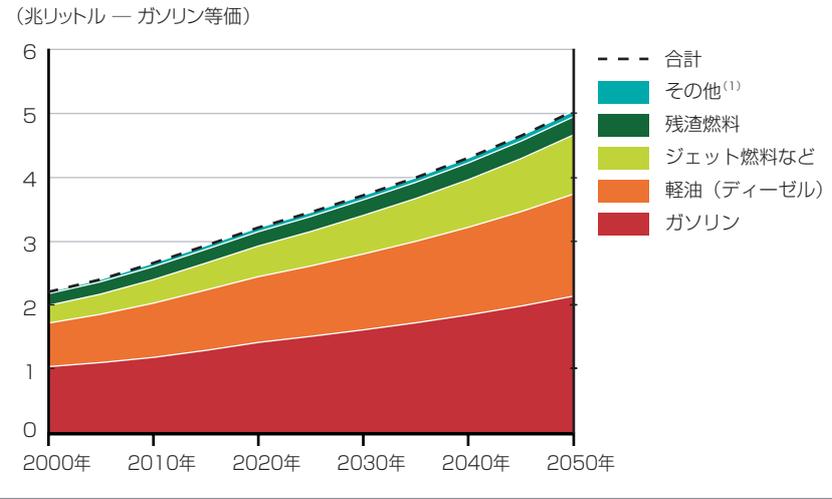


出所：持続可能なモビリティ・プロジェクトによる算出

より相殺され、GHG排出量は増加する。輸送の石油系燃料への圧倒的な依存傾向は今後も継続するため、輸送燃料のGHG排出特性が変化しても、輸送関連のGHG排出量にはそれほど大きな影響を与えない。

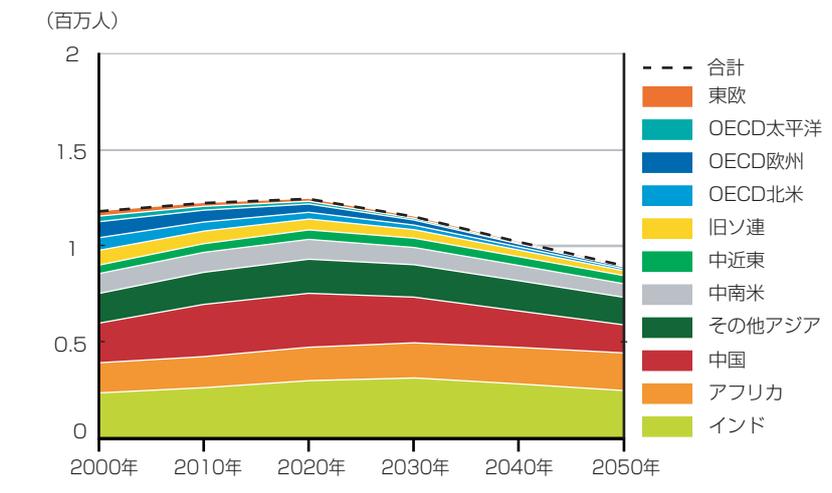
- OECD諸国と一部の中所得国では、自動車に関する死亡・重傷者数は減少する。しかし、所得が低く、急速にモータリゼーションが進んでいる多くの発展途上国においては、その数は少なくとも今後20年間は増加する。
- 渋滞は、先進国と発展途上国のすべて（またはほとんど）の主要都市部で悪化する。個人や企業が所在地の選択やその他のモビリティ関連の決定を行う際に、相殺的な調整が行われるため、平均移動時間が渋滞に比例して長くなることはない。しかし、人や物のモビリティに悪影響が出る。
- 輸送関連の安全性への深刻な懸念は今後も続く。
- 輸送関連の騒音はおそらく減少しない。
- 輸送関連で使用する材料、土地、エネルギーはすべて増加し、それに伴い輸送資源の「利用跡」は増加する。
- 先進国のほとんどの世帯、および発展途上国の一部の世帯については、世帯の総支出に占める人のモビリティ費用の割合はほぼ変化しない、もしくは減少する。発展途上国の多くでは、世帯所得に占める人のモビリティ費用の割合の傾向には、さまざまな相反する圧力があり、その方向性を予測することは極めて困難である。
- モビリティに関連する公平性の問題は深刻化する。それは特に、貧困層、障害者、高齢者のモビリティ手段の利用しやすさにおける公平性の違い

図0.3 世界における輸送関連の燃料使用量 — 全輸送形態



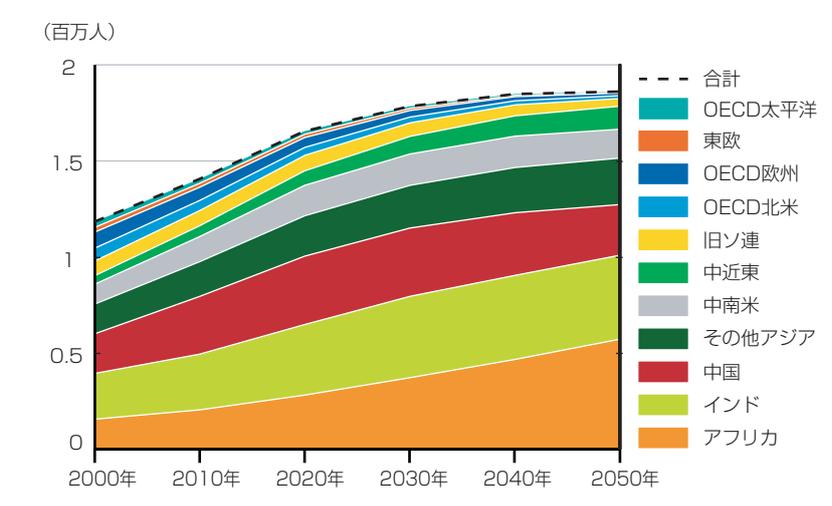
⁽¹⁾ CNG/LPG、エタノール、バイオディーゼル、および水素 出所：持続可能なモビリティ・プロジェクトによる算出

図0.4a 地域別の道路関連の総死亡者数 — 基準ケース1



注記：基準ケース1および基準ケース2では長期にわたるリスク削減要因の想定が異なる。出所：クーンストラによるデータ（2003年）に基づく持続可能なモビリティ・プロジェクトによる算出

図0.4b 地域別の道路関連の総死亡者数 — 基準ケース2



注記：基準ケース1および基準ケース2では長期にわたるリスク削減要因の想定が異なる。出所：クーンストラによるデータ（2003年）に基づく持続可能なモビリティ・プロジェクトによる算出

の問題である。またその他にも、輸送関連の従来型排出物に極端にさらされている人々の存在などの問題もあるが、それは改善されるだろう。

これらすべてを考慮すると、現在のモビリティ・システムは持続可能なものではなく、このままの傾向が続けば今後も持続可能なものにならないと思われる。すべての指標が状況の悪化を示しているわけではないが、社会がその方向性を変えるために行動を起こさなければならないとSMPで結論付けるには十分である。発展途上国でのモビリティを持続可能なものにしようとするならば、なおさらのことである。

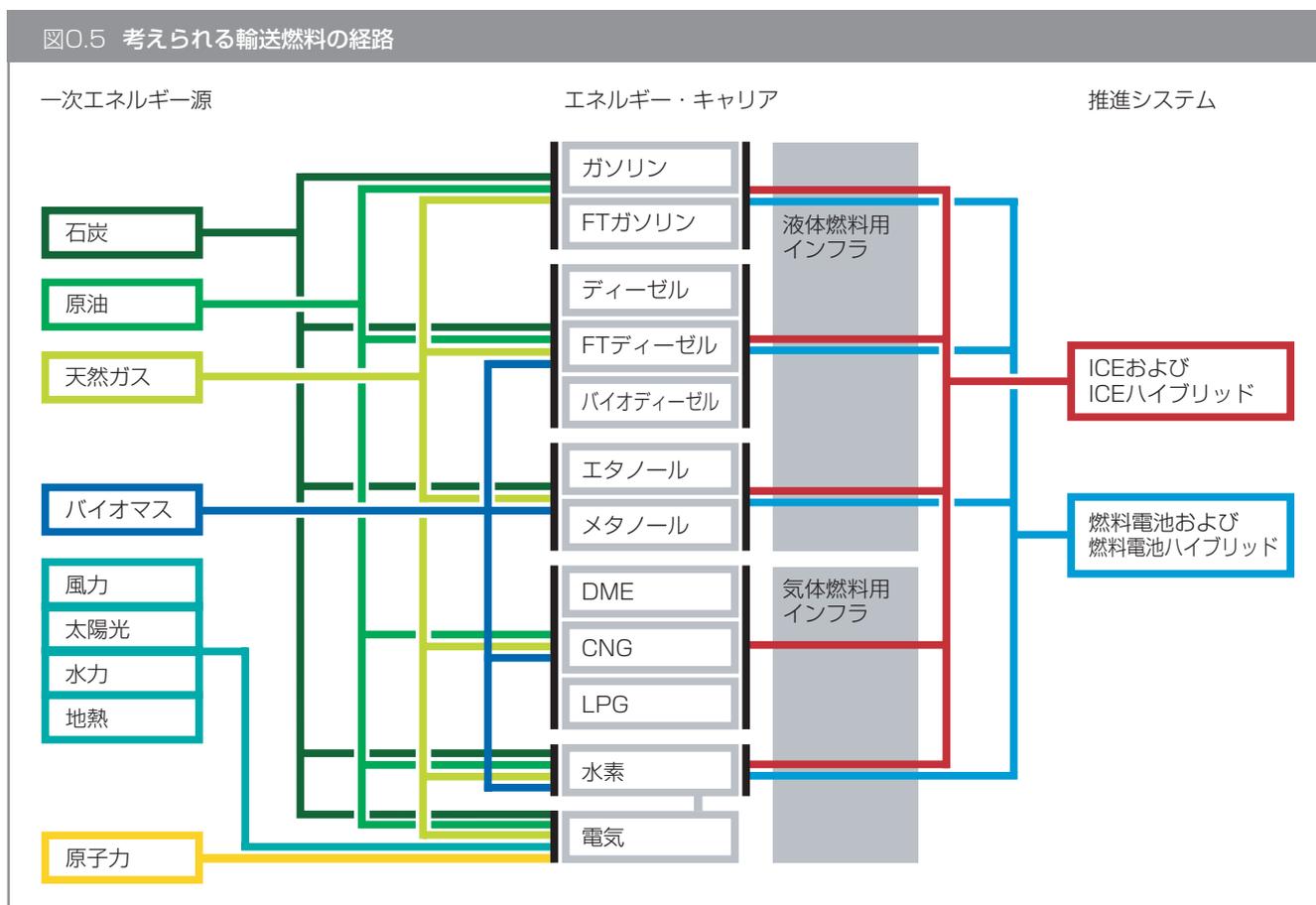
III.

輸送機関の技術および輸送用燃料の可能性：持続可能なモビリティの「積み木（基本要素）」

今日のモビリティ・システムが持続可能なものでないとして、それをより持続可能なものとするために何ができるだろうか？モビリティの持続可能性に影響を及ぼす要因にはさまざまなものがある。それにもかかわらず、道路車両とその部品

およびそれらの燃料のサプライヤーとして、SMPに参加する企業は、技術および燃料が貢献できる可能性を探ることが重要であると考えている。図0.5では、今日道路車両で使用されている、もしくは将来の使用が検討されている一次エネ

図0.5 考えられる輸送燃料の経路



出所：持続可能なモビリティ・プロジェクト

ルギー源、エネルギー・キャリア、推進システムの種類を示している。

「可能性」という言葉を強調するのは重要である。技術は成功を可能にするもの、つまり「積み木（基本要素）」に過ぎない。持続可能なモビリティの達成に実質的に貢献するためには、技術を実際の輸送システムに組み込み、それらのシステムを広く普及させる必要もある。更に、それらの輸送システムは、経済成長や開発を促進するうえで不可欠な役割を果たさねばならない。そのため、価格も手頃で利用しやすいだけでなく、安全性、セキュリティ、信頼性に優れたものでなくてはならない。これらの特徴を持つ輸送システムが存在しない社会は、持続可能なものとはならないだろう。

輸送やエネルギーシステムの開発、生産、そして（多くの場合）運営は、通常、民間産業によって行われることも強調されなければならない。つまり、開発、生産、運営から利益が出るようにする必要があるということである。エネルギーの生産・供給や交通網の運営において政府が積極的役割を果たしている場合でも、商業的な実態を無視してそれらを運営することはできない。政府は、時には企業よりも長期的な見方をするかもしれないが、それにも限界はある。斬新であるが非経済的な技術の時期尚早な導入を強行したり、不適切な利用を試みて破綻したりする社会は持続可能であるとは言えない。また、政府の財源を守るために、経済的に持続可能でない方法での経営を強要する規制によって産業を阻害するような社会も、持続可能なものではない。



A. 軽量車（LDV）

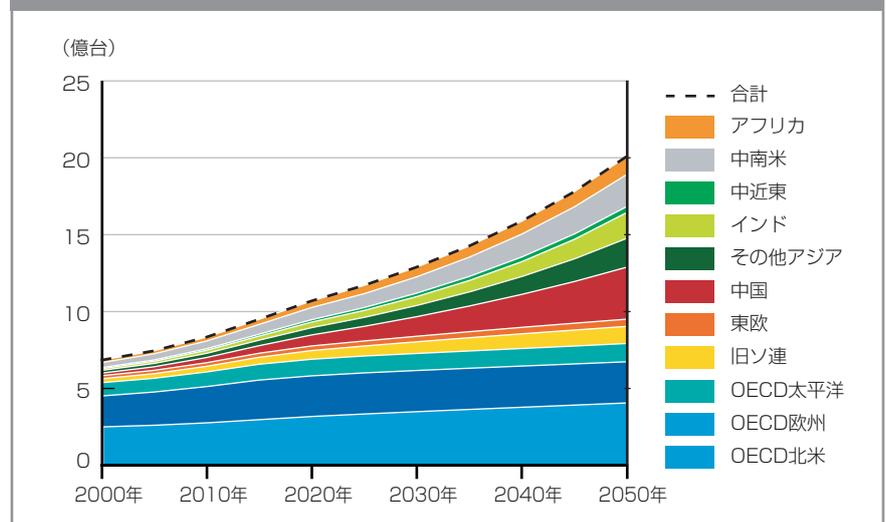
LDV（自動車、軽トラックおよびSUVやミニバンなどの車）は、世界で最も数の多い動力付きの輸送車両である。2000年には、世界中に7億台近くのLDVが利用されていた。SMPの基準ケースでは、この数字は2030年までに約13億台にまで増加し、2050年までには20億台を超えると予測されている。この増加のほとんどが発展途上国で生じるものである。

LDVは現在、ほとんどの先進国において人のモビリティの重要な手段となっており、またこうした役割は、多くの発展

途上国の間で急速に高まりつつある。これらの車両が消費する燃料は、輸送分野で利用される燃料の大部分を占め、消費の過程で排出する従来型排出物やGHGも、輸送分野の総排出量の大部分を占めている。また、LDVが絡む事故は、輸送関連の死亡・重傷者数で群を抜いて最大の割合を占めている。

つまりLDVは、モビリティの恩恵と同時に、持続可能なモビリティを達成するための課題の大部分にも責任があるということである。このため、その恩恵を犠牲にすることなく、LDVが抱える懸念

図0.6 予測される地域別の総LDV台数



出所：持続可能なモビリティ・プロジェクトによる算出

を解決するために役立つさまざまな技術や燃料の可能性を検討することに、本報告書は多くの部分を費やしている。

1. 推進システム技術と燃料

現在、ほぼすべてのLDVは内燃機関（ICE）によって駆動し、石油系燃料（ガソリンや軽油）を利用している。我々の基準ケースは、現在の傾向が続く場合、これは今後数十年間変わらないと予測している。

さまざまな技術的特徴、コスト目標、排出ガス基準などの多くの影響因子があるため、ディーゼルおよびガソリンエンジンの燃料消費量の数値がどのように変化するか、その可能性について正確かつ量的に予測することは不可能である。どちらのエンジンも継続的に改良されていくと思われるが、2010年までは、ガソリンエンジンの燃料消費量の削減がディーゼルエンジンのそれより大きくなると予測することができる。今後、予混合圧縮自己着火（HCCI）エンジンの開発が成功すれば、この傾向は逆転するだろう。

車両の燃料消費量とそれに伴うGHG排出量は、エンジン効率のみによって決まるのではなく、車両パラメータにも影響される。ハイブリッドでない、通常の車両の燃料消費は、現在最も燃費が優れたディーゼル車と比較して、2030年ま

で20%程度削減されるであろうという具体的な予想がなされている。これには、エンジン、トランスミッション、車両技術（空力抵抗低減、軽量化、タイヤや付属部品の効率化など）すべての融合が想定されている。

a) ハイブリッドシステム

ハイブリッドシステムの利用により、ICEの効率を向上させ、従来型排出物およびGHGの排出量を削減させることができる。このシステムでは幅広い推進システムのアレンジが可能であるが、そのすべてが、ICEエンジンまたは燃料電池に発電機、バッテリー、1つ以上の電動モーターを組み合わせたものである。ただし、これらの構成部品はさまざまな方法でアレンジすることができる。電動モーターは、車両推進の負荷の大部分または一部を担うことができる。一般的に、電動モーターだけで駆動可能な時間が少しでもある場合、その車両は「フル・ハイブリッド」に分類される。

ICE車もICEハイブリッド車も、決してゼロ・エミッション車にはなり得ないが、単位走行距離あたりのCO₂削減に向けた将来性は高い。将来的な小型でクリーンなガソリンICEやディーゼルICEをベースにした場合はなおさらである。空力抵抗の低減、軽量化、転がり抵抗の低減（低転がり抵抗タイヤなど）、最適化された希薄燃焼（リーン・バーン）エンジンや高膨張比エンジンなどの高効率エンジンとの組み合わせによっては、最終的には車両効率においてさらに高い数字を生み出すかもしれない。

ICEハイブリッド車では「従来型」液体燃料、バイオ燃料を含む混合燃料、さらには100%バイオ燃料の使用が可能である。もし100%バイオ燃料を使うのであれば、ハイブリッド車は（従来のICE車とともに）、ある条件下では

「カーボンニュートラルな」輸送システムとして見なされる。

b) 燃料電池

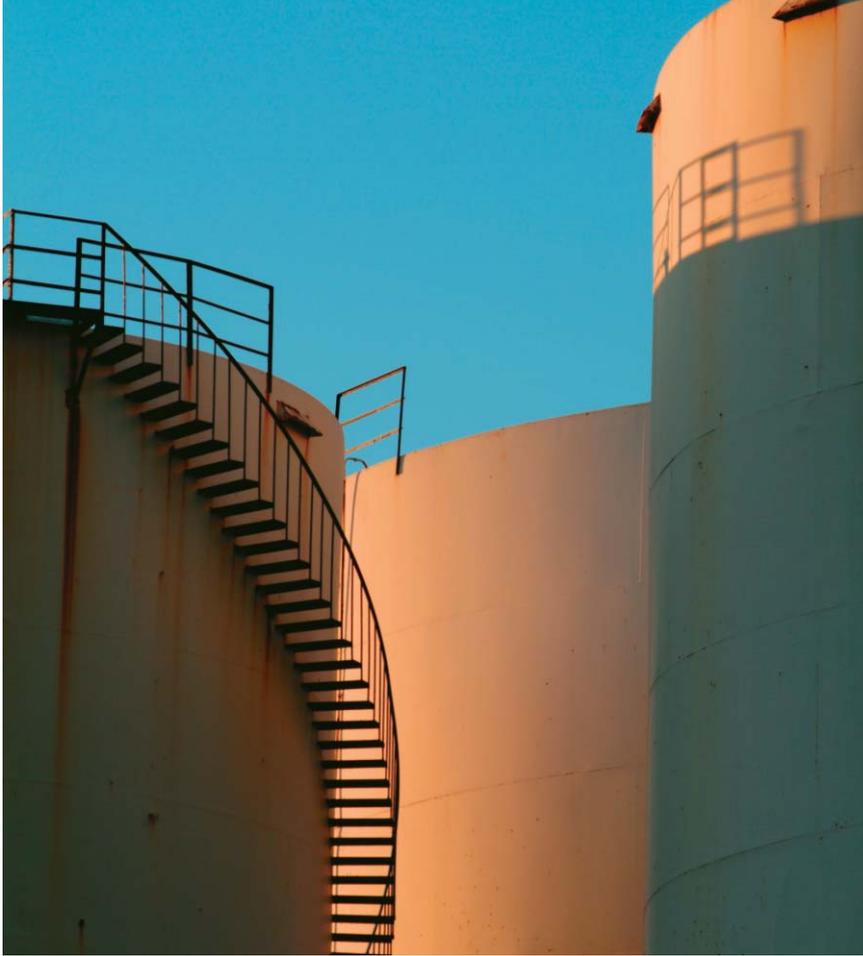
燃料電池は、燃焼プロセスではなく、電気化学的方法で燃料を電気エネルギーに変える。燃料電池自動車（FCV）は、全体的な推進システムのエネルギー効率が最も高く、カーボンニュートラルな資源から生成した水素を利用した場合には、従来型排出物とGHGの排出量を最も低く抑えることができると考えられる。バッテリーが補助電力を提供するという設計であれば、ICE同様、燃料電池車の性能は更に高めることができるであろう。

現在最も期待されている技術は、車載の貯蔵タンクを利用し、水素を原動力とする固体高分子型燃料電池である。しかしながら圧縮水素タンク、低温タンク、水素吸蔵合金タンクなどの水素貯蔵技術はまだ量産車には適したものではない。

その他にも、未だ高い燃料電池システムのコスト低減（燃料電池スタックに必要とされる高コストの貴金属の量を減らすなど）、燃料電池膜技術の改善、また安全で信頼性が高く魅力的な方法で燃料電池システムを組み込んだ手頃な価格の車両を消費者やドライバーに提供することなどは、燃料電池の普及への課題である。

今後10年以上にわたり、世界中の自動車メーカーはこれらの技術的ハードルを乗り越え、燃料電池システムが商業的に従来の車と競えるレベルにまでコストを削減するために取り組みを続けるであろう。





c) 既存燃料インフラで流通可能な ICE燃料

火花点火エンジン（ハイブリッド用含む）の主な燃料は、今後も無鉛ガソリンであろう。2010年までには世界のほぼ全域で無鉛ガソリンが入手可能になるため、触媒を使用した排出ガスの後処理システムが利用できるようになると見込まれている。ガソリンおよびディーゼル燃料の硫黄含有量を抑えることが、先進国では2010年以降の、また多くの発展途上国においてもおそらく2030年までに達成すべき目標となるであろう。超低硫黄燃料は、排出ガスが極めて少ない自動車用に必要だけでなく、超低排出ガス車と大幅な燃料消費の削減を結びつけるコンセプトにも必要となる。このコンセプトとは、NOx貯蔵触媒を採用したリーン・バーン・ガソリンエンジンや、NOx貯蔵触媒または粒子トラップ（あるいはその両方）を採用した超クリーン・ディーゼルエンジンなどである。

短中期的には、精製所での水素添加ブ

ロセスの追加によってガソリンと軽油の品質は大幅に上がるだけでなく、原油以外の一次エネルギー源に由来する混合化合物が増加する傾向があり、状況によってはそのような混合化合物に完全に移行していくことも考えられる。そうした燃料混合成分の候補のひとつは天然ガスから精製される高品質軽油である。これはフィッシャー・トロプシュ（FT）処理により天然ガスから生産されるいわゆる「ガス液化（GTL）」製品である（「FTディーゼル」としても知られている）。その他候補にはFTガソリンやナフサもある。

天然ガスから精製されるFTディーゼルは燃料の主流にはならないであろう。しかし、石炭やバイオマスなどの供給原料を利用すれば、その利用可能性が広がるかもしれない。石炭を利用する場合には、CO₂を隔離することで、GHGの排出量を一般に受け入れられるものにする必要がある。

化石燃料への依存を緩和し、輸送システムのGHGの排出量を抑制するための手

段として、バイオ燃料やバイオ燃料成分も大きな注目を集めている。天然ガス（メタノールの場合）やバイオマス、その他の再生可能資源から精製されるメタノールやエタノールなどのアルコール燃料は、ガソリンエンジンに利用できる。ディーゼルエンジンに関しては、菜種メチルエステル（RME）のようなバイオマス由来の脂肪酸メチルエステル（FAME）を含むバイオディーゼルが選択肢のひとつとなっている。

バイオ燃料の産出量を増加したり、その生産を食物生産から切り離したりする新たな「先進」バイオ燃料の生産方法が模索されている。具体的には、リグノセルロース物質の酵素による燃料成分への転換や、バイオマスのガス化後のフィッシャー・トロプシュ処理などが挙げられる。（このプロセスは「バイオマスの液化」またはBTLとして知られている。）

このような処理のすべてにおいて、農業廃棄物や都市廃棄物も含め、幅広いバイオマスの供給原料を利用できる可能性がある。これらの技術の実用化が成功すると、従来型のガソリンや軽油と価格面で競争できるレベルにまでバイオ燃料のコストを下げられる可能性がある。もっとも現段階では、その進捗スピードは極めて不明瞭なものである。BTL（主に軽油）もリグノセルロース・ガソリン成分（エタノール）の生産も、まだ実用化の段階にはない。

その他にも供給原料の流通の問題がある。流通を完全に最適化するためには極めて大きな規模でのバイオマス供給原料の生産が必要となる。世界規模のBTL工場（毎年150万トンの生産が可能）であれば、ベルギーの半分のサイズほどの面積から集められる木のバイオマスを要するであろう。また、世界規模のリグノセルロース物質発酵工場（毎年20万トン）では、ベルギーの国

土の約10分の1に相当する小麦作付面積から取れる余剰わらが消費されると考えられる。

d) 別個のインフラが必要となる燃料

圧縮天然ガス（CNG）、液化石油ガス（LPG）、ジメチルエーテル（DME）および水素などの、混合成分として利用できない代替燃料は、供給インフラに莫大な投資が必要となる。これが、代替燃料普及への経済的な障害となっている。

CNGは、PMの排出という点では、旧型ディーゼル車に勝る。しかし、新型のディーゼル車に採用されている先進の排出ガス処理装置を考慮すると、CNGのメリットは大幅に薄れてきている。CNGは、輸送用燃料としてガソリンや軽油ほど普及しておらず、普及のためのインフラ整備の速度も遅い。それにもかかわらず、多くの行政機関が石油よりもCNGを好んで利用しているのは、その資源が世界中に散在しているのと、石油輸入への依存を緩和できるという利点があるためである。

LPGには、すべてではないが、一部の従来型排出物の面においてガソリンと比べて改善が見られる。LPGは原油からも天然ガス成分からも生産することができ、その燃料補給インフラは、天然ガスのものと比較すると整備がよく進んでいる。またフリート車両において軽油やガソリンの代替燃料として特に認められつつある。液体燃料として消費者がその安全性を認識しており、代替燃料の中では比較的求めやすい価格になっている。燃料補給ポイントを安価に設置できるため、2030年までにはLPGの燃料補給インフラはさらに普及するであろう。しかし、幅広い利用がなされる国もあるだろうが、ほとんどの市場ではニッチ燃料に留まると考えられる。

水素の利用により、車の排出ガスに含まれるCO₂はゼロになる。しかし、完全なCO₂フリーのモビリティ、つまり車自体と燃料の生産段階の両方でCO₂ゼロを実現しているものということになると、再生可能な資源や炭素隔離技術を利用した水素の生成が可能とならない限り、達成し得ない。

石炭、天然ガス、または水の電気分解から水素を生産する技術はすでによく知られており、特に石油業界で実用化されている。この分野では、低硫黄のガソリンやディーゼル燃料生産のために水素の需要が急増している。現在生産されている高純度水素の90%近くが天然ガスのメタン水蒸気改質によるものであり、これは近い将来においても主流かつ最も経済的な方法であり続けるであろう。しかしこのプロセスはカーボンニュートラルではない。つまり、水の電気分解を利用して水素を生成する際の炭素の排出量が、発電に使用する燃料によって左右されてしまうのである。これらすべてのプロセスにおいてコストを削減し、エネルギー効率を改善するには、水素の生成と供給における技術の進歩が必要となる。

e) 車両の推進システム／燃料の組み合わせによる潜在的な影響

これまでに考察してきた推進システムや燃料は、それぞれ異なる開発段階にある。すでに商業利用されているものもあれば、開発の初期段階にあるものもある。こうしたばらつきを考えると、将来的に異なるタイミングで本格的な量産が実施される際の、さまざまな推進システム／燃料の組み合わせの性能・コスト予想は推測の域を出ない。本報告書で提示されている予測は、そうした推測ではなく、これらの技術を商業的に実現可能なものにするために克服しなければならない課題の重要性を示している。

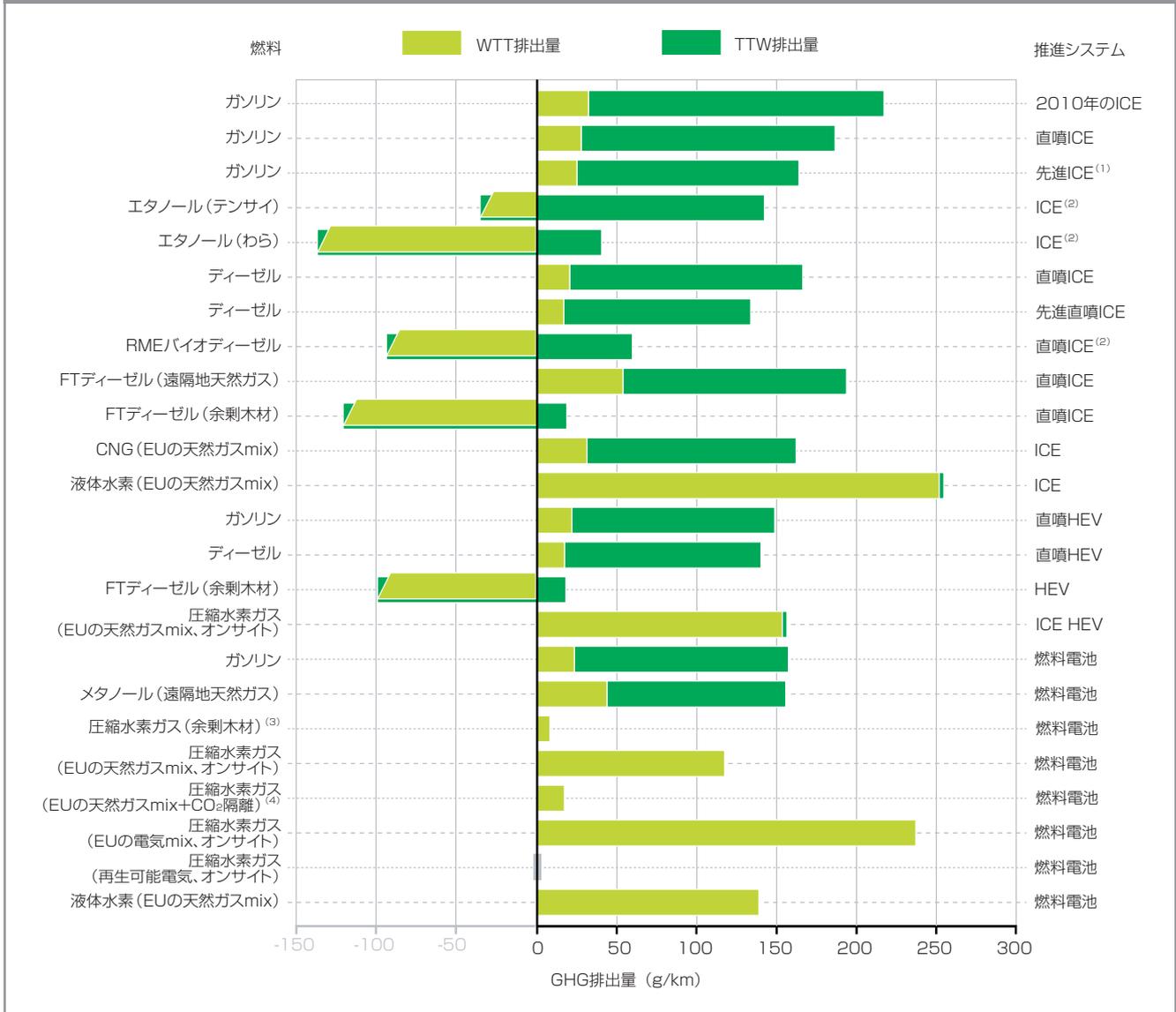
• GHG排出量の特性

GHG排出量を車両が消費する燃料の面から捉えるだけでは、推進システム／燃料の組み合わせの真の影響について誤解を招くような印象を与えかねない。なぜなら、せっかく車両の改良によってGHG排出量が削減されても、燃料の生産・供給による増加量によって相殺されてしまう、また時には後者の方が上回ってしまう可能性があるためである。推進システム／燃料の組み合わせがGHG排出量に及ぼす影響を測るためには、「油井から車輪まで（WTW）分析」という手法を利用する必要がある。この手法では、燃料使用時に発生するGHG（タンクから車輪まで—TTW）だけでなく、原料が原油であるか、バイオマスや他の一次エネルギー源であるかに関わらず、燃料の生産や供給において（油井からタンクまで—WTT）排出されるGHGも考慮する。

図0.7は、本プロジェクトにおける、推進システム／燃料のさまざまな組み合わせのWTWのGHG排出量予測であり、またそれぞれがWTTとTTWの予測に分かれている。ICEエンジンと水素以外の燃料の組み合わせでは、概してTTWでの排出量が相対的に高くなっている。先進のICE推進システム（ハイブリッドを含む）では、車両を一定の距離まで走らせるために必要な燃料量を削減することによって、TTWの排出量の削減が可能になる。この場合、利用する燃料の生産量も削減されるため、WTTの排出量も減ることになる。水素を燃料として利用しない限り、TTWの排出量がゼロになる（または限りなくゼロに近づく）ことはない。

水素を燃料とする車両のWTWのGHG排出量は、水素の生成・供給に利用されるプロセスに完全に左右されてしまうが、そのプロセスの差は大きい。実際、一部の水素生成方法ではWTTの排出量

図0.7 推進システムと燃料のさまざまな組み合わせにおけるWTW (WTT+TTW) のGHG排出量



注記: ⁽¹⁾ VKIによる推計 ⁽²⁾ GMデータに基づくBPIによる推計 ⁽³⁾ 変換処理におけるエネルギー使用からの正味排出量 ⁽⁴⁾ ハイドロの数値に基づく出所: 持続可能なモビリティ・プロジェクトによる算出

が極めて高くなるため、WTWの排出量が現行のガソリンICEシステムのWTWの排出量を上回ってしまう。

バイオ燃料／ICEの組み合わせではWTWの排出量がとても低くなる場合がある。これは、バイオ燃料の原料である植物は炭素を最終的に吸収するものであるということを受けて、燃料の生産・供給(WTTの排出量)によるCO₂排出量がマイナスとなっているためである。SMPで分かっている限りすべてのWTT研究では、バイオ燃料の生産に関連して

発生するGHGの排出(中には、CO₂よりも影響力の強いGHGもある)量を正確に計算することは困難であるということが強調されている。また、後にバイオ燃料になるバイオマスの栽培に与えられる適切な炭素隔離クレジットを決定する難しさも強調されている。

• 車両の保有コストと維持費用、およびGHG排出量削減における推進システム／燃料のさまざまな組み合わせのコスト効率

コストは今後どの技術や燃料が利用されるかを決定する重要な要素である。将来の技術や燃料のコストは本質的には不確かであり予測できないものだが、その「規模」の試算を出すことができる程度に把握できている技術や燃料もある。SMPでは試算の基盤として、EUCAR (The European Council of Automotive R&D)、CONCAWE (Conservation of Clean Air and Water in Europe) およびJRC (Joint Research Centre of the EU Commission) が2003年11月に公表した共同研究を利

表0.1 欧州WTW分析によるさまざまな代替燃料と推進システムの組み合わせでの「乗用車移動距離5%置き換え」のシナリオ

燃料	推進システム	GHG削減量			追加コスト	
		メガトン (CO ₂ 等価)	基準ケース との差	年間に削減できる CO ₂ 等価1トンあたりの コスト(ユーロ)	代替燃料が推進システム (または両方)を使用する 車両1台あたり (ユーロ/年)	代替燃料が推進システム (または両方)を使用する 車両100km走行あたり (ユーロ/年)
従来型	ハイブリッド	6	-16%	364	141.8	0.89
CNG	PISI	5	-14%	460	156.0	0.98
	ハイブリッド	12	-32%	256	219.9	1.38
合成ディーゼル燃料 天然ガス由来のFTディーゼル 天然ガス由来のDME	DPF搭載CIDI	-5	14%	n.m.*	49.6	0.31
	CIDI	1	-3%	2,039	156.0	0.98
エタノール テンサイ パルプから飼料 パルプからエタノール パルプから熱 小麦由来	PISI					
		14	-38%	418	425.5	2.67
		12	-32%	563	461.0	2.89
		24	-65%	254	432.6	2.71
		5	-14%	1,812	581.6	3.64
FAME RME 化学物質としてのグリセリン 熱としてのグリセリン SME 化学物質としてのグリセリン 熱としてのグリセリン	DPF搭載CIDI					
		16	-43%	278	326.2	2.04
		14	-38%	345	354.6	2.22
		22	-59%	217	340.4	2.13
		20	-54%	260	368.8	2.31

*n.m. = not meaningful

出所：欧州WTW (2004年)。持続可能なモビリティ・プロジェクトによる追加算出。

用することとした。(欧州WTW 2004年)

この研究(本報告書のなかでは「欧州WTW分析」)では特に、推進システム/燃料のさまざまな組み合わせにおける車両の保有コストと燃料コストのほか、それぞれの組み合わせにより削減されるGHG排出量1トンあたりのコストの試算が行なわれた。その方法としては、2010年時点のEU-25カ国において予測される自動車での移動距離の5%、すなわち2億2,500万kmの総走行距離に代わる各推進システム/燃料の組み合わせを使う車両の想定を行なった。車両の平均年間使用距離を1万2,000kmと想定すると、1,400万台の車両を要することとなる。

この研究ではまた、ある燃料が既存の燃料供給チャンネルから入手できない場合、EU-25カ国の10万の燃料補給所の20%、つまり約2万カ所で、その燃料を販売するための装置を新設する必要があると想定した。

この分析報告書の著者が注意深く説明し

ているように、こうしたシナリオは分析上のものであり、実際に2010年までに欧州において技術的、経済的にどの程度普及が可能であるかを判断するものではない。

欧州WTW分析は図0.7に示す通り、ほぼすべての推進システム/燃料の組み合わせを提示しているが、我々は、近い将来に採用される候補となる組み合わせだけを利用することとした。この欧州WTW分析報告書の著者は、燃料電池車の追加コストの試算は、特に大変困難なものであると考えた。燃料電池を駆動する水素の生成・供給コストに関しては不確かな部分が多いためである。同じことが先進バイオ燃料のコストにも言えるだろう。これらのコスト、特に、大量のCO₂を排出しないようなプロセスを利用して生産された水素や先進バイオ燃料のコストの試算には、大きなばらつきがある。

表0.1に示されている推進システム/燃料の組み合わせでは、代替燃料や代替パワートレインを使用する各車両の年

間の追加コストは、約50ユーロから600ユーロ程度の範囲である。これを換算すると、それぞれの車両の100kmあたりの追加コストは0.31ユーロから3.64ユーロとなる。年間で削減されるCO₂等価1トンあたりのコストは、200ユーロから2,000ユーロ程度である。

欧州WTW分析は、「仮定の」欧州車に基づくものであり、示されている燃料生産や供給のコストは欧州の条件下で推測されている。欧州以外の地域では、GHG削減における車両や燃料のコストおよびこれらのさまざまな組み合わせのコスト効果も大幅に異なるであろう。

これらの数字を使用して、それぞれの推進システム/燃料の組み合わせの普及率を大幅に「スケールアップ」する際にかかるコストを判定することはできない。EU-25カ国でこうした分析を行なう際にも、規模の経済と蓄積された経験の影響の両方を計算に入れる必要があると思われる。さらに、欧州WTW分析シナリオで使われている、2010年までのEU-

25カ国におけるLDVの移動需要の5%という数字は、同年の世界のLDV総走行距離の予測の約1.4%を占めるにすぎない。また2010年時点では、LDVからのGHG排出量が世界のWTW輸送関連のGHG総排出量に占める割合は約43%に過ぎないと予測されている。

それでも、欧州WTW分析の結果は、今後数十年に広く導入されると考えられている車両／燃料の組み合わせでのGHG排出量の削減という点から見て、追加コストやコスト効率の規模の試算を極めて実用的に表している。

2. 推進システム以外の車両技術

先進車両技術の利用によるLDVの持続可能性の向上は、採用される推進システムや燃料によってのみ決定されるものではない。製造に使用されている素材、採用されている安全技術、利用可能な先進の電子システム、タイヤの特性、およびその他の設計上の特徴なども、我々の持続可能なモビリティの指標に影響を及ぼす可能性がある。

a) 車両軽量化技術

欧州を走行するLDVの平均重量は、ここ30年間で約30%増加している。この同じ期間、もともとは欧州よりもかなり重量が大きかった米国の平均LDVは、1975年の1,845kgから1981/82年には1,455kgと大幅に軽量化したが、その後また増加しはじめた。2003年までには、1981/82年比24%増となり、ほとんど1975年の水準まで戻った。

米国、欧州の両方における平均車両重量の増加は、それぞれの車両クラス内での平均車両重量の増加、および総販売台数における大型車両クラスの比率の上昇という2つの動向が組み合わさった影響が反映されている。本報告書ではこの2つの動向のうち、前者のみを主に取り扱っている。

車両クラス内での重量増加を説明する要素は何か。車両技術が発達するにつれ、とりわけ安全性の強化、運転性能の改善、騒音や排気の低減、快適性の向上などより多くの機能が加えられ、そのために車両のインテリア、ボディ、シャシーには新たな構成部品を追加し

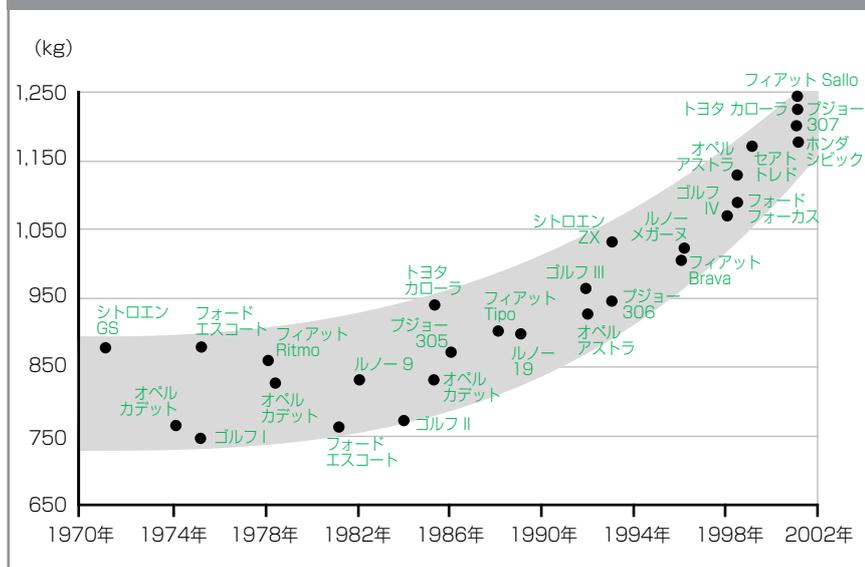
なければならなくなった。さらにこれらの構成部品の電化または電子化が徐々に進んでいるため、配線を増やす必要もあった。また、消費電力量の増加に対応するために、電気システムの容量も増加せざるを得なくなった。車が重くなると、望ましい運転性能を維持するための追加装備も必要となる。デザインの改善や代替素材の採用により、個々の構成部品は軽量化されている。しかし、車両の機能向上に伴う重量化がそれを帳消しにしてしまう。

車両クラスごとの軽量化には主に2つの方法がある。第一に、車両全体の外観デザインの変更、および各部品に使用可能なデザインの変更、そして第二に、重い素材をアルミニウムや高剛性のスチール、マグネシウム、プラスチックなど、より軽い素材に直接置き換えるという方法の2つである。これらは同時に行われることが多く、互いに影響しあう関係となっている。また軽量化によってさらなる軽量化の可能性も生まれる。軽量化されれば、車両性能を維持しながらも、より小型で軽量のエンジンが使用できるためである。

ほとんどの場合、軽量化を行うと、軟鋼を用いた通常の設計よりも高価なものになる。従って、軽量化による値上げ分を消費者が受け入れる用意がない限り、また軽量化によってなんらかの形での生産の簡素化や安全性の向上がない限りは、こうした解決策は競争力のあるものにはならない。素材が変われば軽量化の可能性も変わり、構成部品のコストに対する影響も変わってくる。

概算だが、パワートレインが小型化され、車両重量が10%減るとすれば、(1ガロンあたりの走行マイル数において)約5~7%の燃料が節約できる。(IPAI 2000年) 車両重量が軽量化されてもパワートレインに変化がない場合は、節約できる燃料はこれよりも少なく、一般

図0.8 欧州のコンパクトカーのモデル発売時における車両重量



出所：FKA 2002年

的には3～4%くらいとなる。実際にどれだけ節約できるかは車両と走行サイクルによる。5～7%という範囲の中間をとり、そのパーセンテージを絶対数にすると、質量100kgの削減につき100kmあたり0.46リットルのガソリンを節約できると予測される。(車両重量1,532kgの北米ミッドサイズクラス車の場合)これをCO₂排出削減量に換算した場合、車両を1kg軽量化すると、車両のトータルライフ(約19万3,000km)において25.3kgのCO₂が削減できるということになる。

b) 高度道路交通システム技術

高度道路交通システム(ITS)技術によって、旅行者、車両の運転者、政府機関は、より多くの情報を入手し、これまでより高度で安全な輸送に関する意思決定が可能になる。

ITS技術には、無線・有線通信によるさまざまな情報、制御および電子技術などが含まれるが、そのほとんどは、交通や輸送に応用される以前に、本来は電気通信、情報技術、防衛といった分野のために開発されたものであった。マイクロエレクトロニクス、衛星ナビゲーション、移動体通信、センサーなどは、ITSにより実現した技術である。車両や輸送システムのインフラにこれらの技術が組み込まれると、交通の流れの監視および管理、渋滞の緩和、ドライバーへの迂回ルートへの提示、救命などに役立つ。

c) 空力抵抗の軽減のための技術

空力抵抗は、車両が空気中を移動する際に車体が受ける圧力と摩擦力によって生じる。車両のサイズや外観の形状、設計上の機能は、この空力抵抗にどれも大きく影響する。機能的要件(車両の定員数、トランクスペース、荷台、トレーラー牽引、オフロード走行性能)は、全体の空力抵抗を決定する際の重要なパラメータである。

LDVの空力抵抗軽減のためのありとあらゆる方法が、車両、特に乗用車に取り入れられている。今日、LDVの空力抵抗は車両の歴史において最も低い。さらなる改善は、設計面での大きな進歩によってというよりはむしろ、短期間に少しずつ実現されるであろう。

確かに先進技術には空力抵抗を軽減できる可能性がある。ウッドは、米国の総エネルギー消費量の16%が輸送機関の抵抗で消費されているという推測をし、先進空力技術が車両の燃費に対して担う役割について、有用な情報を提供している。(ウッド 2004年)しかし現実的には、LDVの持つ多くの実用的・機能的な側面を好むユーザーの志向および市場における経済的圧力を考慮すると、車両設計者が今後数年間で達成できる空力抵抗のさらなる低減は、微々たるものに留まるであろう。ただし、トラックやバスの空力抵抗を軽減できる方法はまだ他にもあると思われる。

d) 転がり抵抗の軽減のための技術

転がり抵抗とは、一定の走行距離ごとのタイヤによるエネルギーの損失として定義される。転がり抵抗は、より多くのエネルギーを用いることによってのみ克服できる。このため、転がり抵抗は燃費に影響を及ぼす。現在販売されている「グリーン」タイヤでは3～8%の燃料消費を削減することができる。次世代の「グリーン」タイヤでは、更に2～9%の燃料消費の削減を実現できるかもしれない。

燃料消費を最低限に抑えるためには適切なタイヤ圧を保っておく必要がある。フランスの道路で実施されたフィールドスタディでは、5割を超える車が規定のタイヤ圧よりも0.3バル低状態、あるいはさらに低いタイヤ圧で走行しているということが明らかにされた。この結果は、転がり抵抗の大幅な増加につながる。つまり、推奨タイヤ圧よりも0.3バル低い場合で+6%、1バル低くなると、+30%の増加となってしまうのである。また、転がり抵抗が30%増加すれば、燃料消費量も3～5%増加する。タイヤ圧が規定値未満の場合、復元不能な損傷を起こしやすい傾向もある。走行中のタイヤ圧が充分でないことをドライバーに知らせる技術への関心が高まっているのはこうした理由からである。

車両のタイヤの一番の目的は、あらゆる気象条件やあらゆる路面状況において安全な走行を可能にすることである。したがって、タイヤの安全性能なくして転がり抵抗の削減を達成するなどということはあり得ない。タイヤの特性は、車両の乗り心地や、ステアリング性能および販売訴求などに大きな影響を及ぼすものである。



B. LDV以外の道路車両への応用の可能性

LDVは世界で最も数が多い輸送用自動車であるが、その他の道路車両も人のモビリティに多大な貢献をしており、また、モビリティを持続可能なものにするための挑戦において重要な要素となっている。図0.9では、2000年から2050年の間に予想される、基準ケースでのWTWのCO₂等価のGHG排出量を示している。

出している。

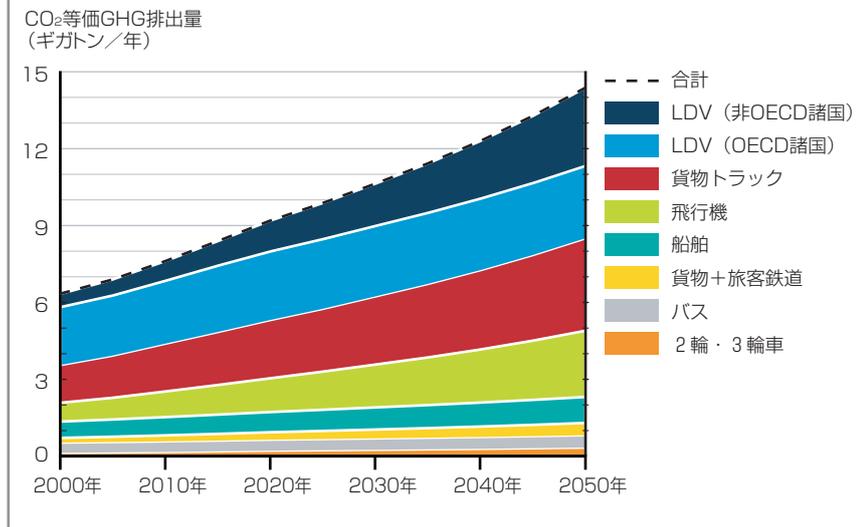
現在、このような排出を抑制するための強化対策がなされている。この対策でもっとも重要な措置の1つが2ストロークエンジンから4ストロークエンジンへの移行である。2ストロークエンジンは燃料に潤滑油を加えなくてはならないため4ストロークエンジンよりも排出量が多

テムとして活躍している。また、特に発展途上国においては都市間の人の移動でも重要な役割を果たしている。トラックとバスは内燃機関によって駆動し、LDVと同様（大きさは必ずしも同じではない）の設計や構造を持つコンポーネントを数多く利用している。

「重量」車両は、輸送関連のエネルギー利用やGHGの排出量、さらに従来型排出物（特にNO_xおよびPM）の排出量の大部分を占めている。これらの車両（現時点では、圧倒的にディーゼル車が多い）で使用されているパワートレインのエネルギー効率の向上と、これらの車両の従来型排出物の削減に対する注目が高まっている。天然ガス、メタノール、エタノールなどで駆動するエンジンが、既に世界各地の一部のトラックやバスに応用されている。

ハイブリッドや燃料電池などの新型推進システム技術を一部のトラックやバスに応用するという取り組みも行われている。これらの取り組みは、LDVに関連する取り組みと比較して、一般の人々に（さらに、持続可能なモビリティに興味がある一部の人たちにも）あまり知られていない。しかし、ハイブリッドシステムを都市バス（一例）に採用すれば、燃料の節約と排出物の抑制により、そのバス1台分で、同じ技術を採用した軽量の乗用車数台分に当たるCO₂を削減することができる。

図0.9 輸送形態別のWTWにおける輸送関連のCO₂排出量基準ケース予測 (2000~2050年)



出所：持続可能なモビリティ・プロジェクトによる算出

自動2輪車および3輪車

発展途上国のさまざまな地域において、人の（また時には貨物の）モビリティにおいて重要な役割を果たしている車両タイプに2輪・3輪車がある。実際、東南アジアには、現在も自動2輪・3輪車が道路車両の大半を占めている国もある。これらの車両は安価で、多くの世帯にモビリティを提供しており、また、動力なしの輸送手段（自転車など）から従来型のLDVへの移行を容易にした。車両1台あたりにおいては、自動車や軽トラックほど燃料を使用しないが、これらの車両はその車体に不釣り合いなほど大量の従来型排出物を排

い。排出ガス規制を強化して、2ストロークエンジンの2輪・3輪車の新車としての販売を効果的に禁止している国もある。これは排出物対策を大いに前進させる動きである。しかし2輪・3輪車が多数利用されている地域では、それらが従来型排出物の一大発生源とならないように、さらなる取り組みが必要となるであろう。こうした例を本報告書で取り上げている。

「重量」車両

陸上の貨物輸送では、大きさや形が異なるトラックが輸送手段の中心である。バスは、多くの地方や地域の公共交通シス

C. 道路車両以外の輸送機関

SMPの参加企業は、道路車両以外の輸送形態に関する専門知識が不足しているが、本報告書では、それぞれの輸送分野において持続可能性を向上させるさまざまな技術の可能性について言及している。これまでに考察した推進システム技術および燃料の中には、鉄道車両のエンジン、外洋を航行する船舶や内陸水路で運航される船舶にも応用できるものがあるかもしれない。

民間航空機には、特有の課題がある。機体のエンジン効率が向上し続けているほか、空力学的改善と軽量素材の採用による軽量化により、今後もエンジン効率の大幅な向上が見込まれている。それでも、このモビリティ方式への需要の高まりがあまりに大きいため、こうした改善をもってしても、エネルギー利用とGHG排出量は他のどの輸送分野よりも急速に増加すると予測されている。その他の効率化向上も依然として可能であろう。例えば、燃料に水素を利用することなどもある程度の検討がなされてきたが、それが実現するとしても、21世紀の後半になってからのことだと考えられている。

IV.

持続可能なモビリティの目標とその達成に向けてのアプローチ

このOverviewのはじめに、我々は7つの目標を特定した。この目標が達成されれば、モビリティはさらに持続可能なものとなることであろう。目標そのものは、社会全体を対象としており、我々は、これらの目標を今後幅広いステークホルダーとの対話を継続していく上での第一歩として提案している。

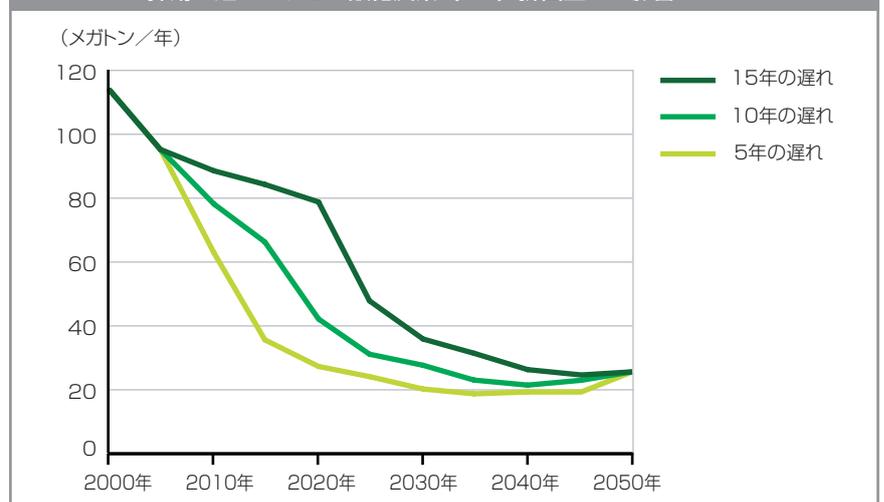
1. 輸送関連の従来型排出物を、世界のいかなる場所でも公共の健康への深刻な懸念にならないレベルまで削減する

先進国においてこの目標は2030年よりも早く達成されると我々は考えている。実際、早ければ2020年にも達成

可能かもしれない。本プロジェクトの基準ケースでは、技術や車両の利用における現在の傾向が続けば、目標達成に向けて進展できる可能性があると予測されている。しかし、これらの削減予測を確実に実現させるためには、「ハイ・エミッター（大量排出）」車両を特定し、それらを改良するかまたは運用停止にすることに、より大きな関心を払うようにしなければならない。

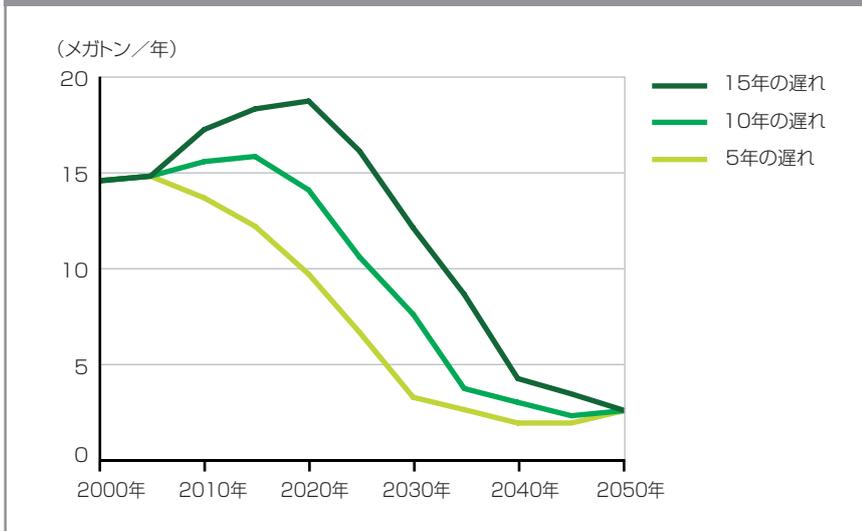
「ハイ・エミッター」車両とは、認証を受けた規制で許容されている排出レベルよりも大幅に排出が多い車両を指す。こうした車両からの従来型排出物の排出量は、総排出量の中でその台数に不釣り合いなほどの大きな割合を占めてきた。より

図0.10a 非OECD諸国：先進国と同レベルの排出規制を採用する場合の、採用の遅れによる一酸化炭素（CO）排出量への影響



出所：持続可能なモビリティ・プロジェクトによる算出

図0.10b 非OECD諸国：先進国と同レベルの排出規制を採用する場合の、採用の遅れによる窒素酸化物（NOx）排出量への影響



出所：持続可能なモビリティ・プロジェクトによる算出

多くの車両が現在の極めて厳しい排出基準に対応するようになれば、「ハイ・エミッター」車両は残りの排出量において、今まで以上に大きな割合を占めるようになってしまいうだろう。これらの車両を容易に特定することができるさまざまな技術が実用段階に来ている。

これらの新しい技術を利用するには、車両の利用者の多くがこれまで以上に政府の介入を受け入れる必要が出てくるかもしれない。先進国における輸送関連の従来型排出物の排出量削減は、技術的、経済的な問題というよりはむしろ、ますます政治的および社会的な問題になってくると思われる。

発展途上国における輸送関連の従来型排出物の排出量は、我々の基準ケースでの予測を十分に下回るレベルにまで削減することもできると思われる。しかし、先進国でこの目標が達成されたからといってすぐに発展途上国全体でも達成されることを期待するのは現実的ではない。

発展途上国においてどれだけ迅速に排出量を削減できるかは、必要な技術や燃料の価格に左右されるであろう。また、輸

送関連の従来型排出物の排出量を削減するための積極的な取り組みが、これらの国や地域の輸送システムの経済成長のスピードを支える能力に及ぼすと思われる影響もその決定因子となろう。

発展途上国での排出物削減を完了させるためには、最終的に、世界中の先進国で現在採用されている排出物削減の技術と燃料の利用を拡大する必要がある。そうであれば、発展途上国は上述の「ハイ・エミッター」車両の問題に対する関心を高めていかなければならなくなる。

発展途上国での「ハイ・エミッター」車両の効果的な対策は、先進国よりも難しい課題となるかもしれない。しかし、持続可能なモビリティの達成に向けて進歩を続けていくのであれば、この挑戦を避けて通ることはできない。この問題においては最近以下のような意見もみられた。「効果的に遵守できない極端に厳しい基準ではなく、積極的に遵守できる現実的な基準がある方が良い」

2. 輸送関連のGHG排出量を持続可能なレベルにまで抑制する

我々は、輸送機関をGHGの主要発生源

とならないようにすることが社会の長期的な目標とすべきであると考えている。しかし、最善の条件下でも、この目標の達成には本報告書で設定した時間枠よりも長い時間がかかると思われる。

これからの20年、30年という期間においては重要な進歩の可能性がある。2030年までに、「輸送関連のGHG排出量のグラフ曲線を下降させる」ということを目指して、経済的に実現可能であり、また政策的にも受け入れられる次のような措置を実施すべきであるとSMPの参加企業は考える。

- 輸送車両のエネルギー効率は、ユーザー受容とコスト効果を考慮して改善すべきである。
- 輸送燃料中の化石起源の炭素の影響を最終的に排除するための技術的な土台づくりを行っておくべきである。これには主な輸送エネルギー・キャリアとしての水素の開発と、先進バイオ燃料の開発がおそらく必要になるであろう。
- 輸送燃料中の化石起源の炭素の影響を最終的に排除するために必要な新しい燃料のインフラを計画し、それが現実的なものであれば、その構築を開始すべきである。

上述の最終目標を達成するために、社会は2030年以降の何十年かにわたり、さらに努力を重ねなければならないだろう。最終的に必要となるのは、輸送車両を駆動するために利用される技術とそれらの車両で使用される燃料の完全な転換である。また、人々が輸送を利用する方法を変える必要もあるかもしれない。

なぜなら、輸送関連のGHG排出量削減のための戦略はすべて、次の4つの積み木（基本要素）に帰着するからである。

その4つとは、(1) 車両が特定の輸送活動を実行するために利用するエネルギー量の削減、(2) 車両の燃料の抽出、生産、供給、消費によって発生するGHG排出量の削減、(3) 輸送活動の全体量の削減、そして(4) 輸送活動の混合形態の変更である。

これらの4つの要素は必ずしも独立したものではない。どれかひとつに影響を与えようとして行なった措置が、他の要素の効果を高める可能性もあれば、損なう可能性もある。しかし、こうした措置は単なる「てこ（誘導・促進策）」に過ぎない。これらの要素がどのようにGHG排出量に影響しているのか、またさまざまな重要度の影響が生じると考えられる時間枠について検討した。迅速かつ安価に必要な量のGHG削減を行うための「特效薬」となる単一の解決策などはないというのが我々の結論である。しかし、なかには大きな将来性を示すものもある。

例をあげれば、GHG削減における実際の効果が現在考えられているものと同程度のもになり、生産・運営コストについても、利用者が値ごろ感を感じられる程度、または政府が持続可能な方法で補助金による奨励を実施できる程度にまで削減できれば、本報告書で述べられている「カーボンニュートラルな」輸送システムの一般的な利用は世界中で実現するだろう。

加えて、「カーボンニュートラル」にさらに近い輸送システムへの需要を高めていくことと、輸送活動のレベルと構成比をGHGの排出量を削減する方向に変えることによって、短期的な効果には限りがあるものの、需要誘導型の手法が技術ベースの手法を効果的に補完できる。最後に、輸送がGHGの総排出量削減において大きな役割を担っていることは確かだが、「責任」を恣意的に割り当てるよりも、コスト対効果を考慮するほうが社会のGHG排出量の削減に向けた取り組

みを促進するということも念頭に置いておく必要がある。(パピカー、パウティスタ、ジャコビーおよびライリー 2000年)

3. 世界の輸送関連の死亡・重傷者数を大幅に削減する

世界のほとんどの地域では、輸送活動の単位あたりの死亡・重傷の発生率が既に減少しており、今後さらに減少していくと思われる。しかし、多くの場合、この減少が輸送活動の急激な増加に打ち消されている。

その結果、輸送関連の死亡・重傷事故の総件数は増加している。輸送活動の成長が著しい国では、事故で死亡または重傷を負う被害者の中で歩行者、自転車利用者および自動2輪・3輪車のドライバーが占める割合が不均衡に大きくなっている。(図0.11参照)

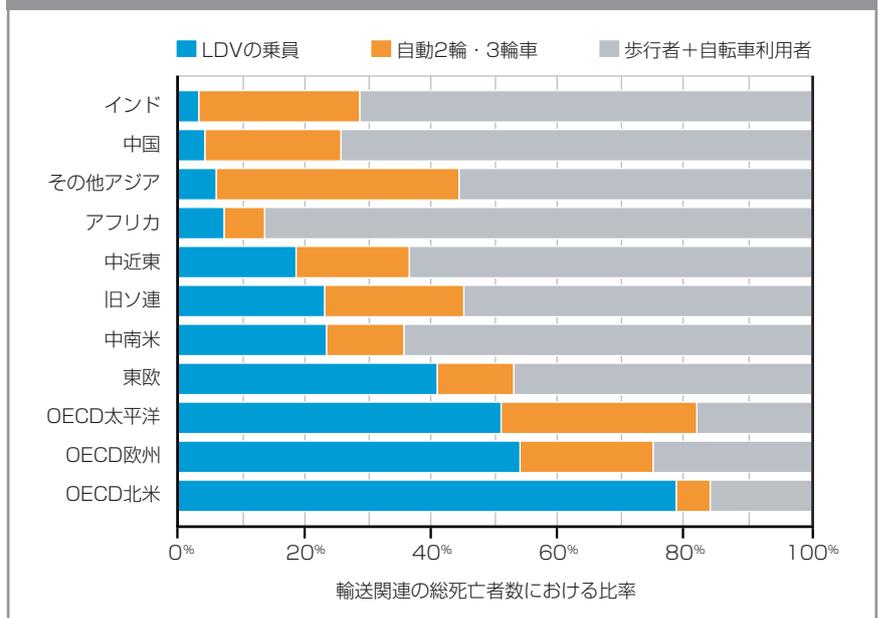
我々にとって、これは容認できない状況である。あらゆる国で輸送関連の死亡・重傷事故、特に道路車両に関連する死亡・重傷事故の総件数を減らすための積極的な戦略を追求すべきである。

先進国および中所得国の一部では、この戦略で現在の発生を大幅に削減することを目指すべきである。低所得国では、現在の死亡・重傷事故の増加率を抑制し、先進国の死亡・重傷事故発生率と比較できるほどの数値を確実に目指せるよう、社会の対策を軌道に乗せることを目標とすべきである。これらの取り組みでは、特に被害者となりやすいグループ(歩行者、自転車利用者および自動2輪・3輪車のドライバー)に焦点を当てなければならない。

死亡・重傷者数を削減するプログラムでは、ドライバーの挙動、インフラの改善および衝突回避と負傷の緩和のための改良技術の進歩と普及などを含めて、車両関連の死亡・重傷事故のあらゆる要因に取り組むべきである。

当局の交通規制の施行を支援する技術がいよいよ実現し、その値段も下がりつつある。現在、飲酒運転やスピードの出し過ぎなどにより死亡・重傷事故の大部分を占める自動車利用者の行動の多くは、これらの技術を利用することによって排除できる、または劇的に削減できる可能

図0.11 輸送関連の総死亡者数における道路利用者別の内訳



出所：クーンストラによるデータ(2003年)に基づく持続可能なモビリティ・プロジェクトによる算出

性がある。しかし、これらの安全関連技術に関しては、先に「ハイ・エミッター」車両について述べた際と同様の政府の介入の問題が生じる。ここでも、この問題は技術的または経済的なものというよりも、政治的および社会的側面が強くなっていく傾向がある。

4. 輸送関連の騒音を削減する

GHG排出量の発生源やその最終的な解決に必要な戦略が、地球規模の持続可能なモビリティの課題の究極の例だとするならば、輸送から出る騒音は、おそらくその正反対の例と言えるであろう。つまり騒音は、地域レベルの課題であり、効果的かつ効率的に解決しようとするならば、地域に合わせた方法を採らなければならない。

今日、地域が異なれば、輸送関連の騒音を取り扱う重要性や、その受け入れられると考えられる改善措置についての優先順位が大幅に異なる場合もある。しかし、それぞれのコミュニティが騒音削減の戦略を練る際に考慮する、共通の要素は確かに存在する。その要素とは、騒音を大幅に緩和する路面の利用、騒音に敏感な地域での防音壁の建設、騒音の悪化につながる車両の改造や不必要な騒音を出すような車両の運転を禁止する規制の制定と実施、輸送車両の騒音性能の継続的な改良などである。

5. 渋滞を緩和する

交通渋滞を完全に解消しようとするれば、経済成長を助けるという輸送の重要な役割が犠牲になってしまう。しかし、その影響を大幅に緩和させることは可能である。渋滞は騒音問題と同様、地域の問題である。しかし、場合によっては、渋滞が国家規模で輸送システムの性能や経済を脅かすような幅広い影響を与えかねない。

騒音の場合と同様に、渋滞問題を解決する際に採用できる緩和の要素には幅がある。個々の、あるいは組み合わせにおいてのそれら要素の適切さは、それぞれが置かれている詳しい状況や、渋滞が起きている場所での政治的および社会的な状況によって大きく左右される。

インフラの容量は需要の伸びに応じて増加することができる。これは、発展途上国の急速に成長している都市部に最も当てはまると思われる。しかしSMPの見解では、輸送インフラの容量を追加することを渋滞緩和のための唯一の（あるいは、場合によっては原則的な）アプローチとすべきでは決していない。さまざまな高度道路交通システム（ITS）技術を通じてさらにインフラ容量を増やすこともできる。

またインフラ計画において、輸送インフラにとって最も重要な要素を効率よく活用することを阻む「ボトル・ネック（交通流を妨げる場所）」の解消に徐々に力点を置くことも可能である。

実現可能かつ政策的に受け入れられるものであれば、輸送需要増の受け皿は、既存のモビリティ・システムと輸送インフラのもっと効率的な利用であるべきである。これを実現する上で、さまざまな種類の課金戦略が採用されてきたが、その施行にはまだ議論が多い。今後、課金戦略における課題は技術的、経済的というよりもむしろ、政治的、社会的色合いを濃くするであろう。

6. 最貧国と富める国の間、および国の内部に存在するモビリティ機会の「格差」を縮小する

モビリティが増加することで生じるマイナスの影響をなくす必要があることは明確であるが、モビリティを持続可能なものとするには、それだけでは不十分である。持続可能なモビリティのためには、

「現在や将来における他の人間や生態系の基本的価値を犠牲にすることなく」、そして「自由に移動し、目的地へ到達し、連絡を取り、交易をし、関係を樹立するための社会の必要性」を満たす必要がある。この2つを実行することによってのみ、モビリティは世界中の人々の生活水準向上において不可欠な役割を果たすことができる。

世界の人々の多くは、よりよい生活を目指して努力しながらも、モビリティ機会の不足によってそれを妨げられている。最貧国や地域の中には、モビリティ機会が他の地域に比べ微々たる規模でしかないという国もある。さらに、ほとんどの国では、平均的住民と、貧困層、障害者、高齢者などの特定のグループとの間で、享受されるモビリティ機会に大きな差がある。モビリティを持続可能なものにするのであれば、これらのモビリティ機会の格差を縮小しなければならない。

(a) 最貧国および先進国の間に存在する「モビリティ機会の格差」を縮小する

現在、アフリカ諸国の国民の年間平均移動距離は、OECD欧州またはOECDアジアの国民の10分の1程度である。SMPの基準ケースによると、今後50年間にわたりこの点に大きな変化は見られないものと思われる。この比較によって示されるモビリティ機会の不足は、現在のアフリカの多くの地域が抱える経済発展の阻害を反映しているだけでなく、その経済発展の阻害の大きな原因ともなっている。アフリカは、モビリティ機会の不足がいかに経済発展を妨げているかを示す極端な例だが、この問題を抱えているのはアフリカだけではない。世界中の多くの最貧国と先進国との間にあるモビリティ機会の格差を解消するためには、次のような対策が必要であるとSMPは考える。

- 基本的な輸送利用の手段がない地域でそうした手段を提供することにより、発展途上国や農村部における輸送費用を低減させる。
- これらの国でよく見られる過酷な道路状況に適した廉価な自動車の開発を促進する。
- 最貧国の人々が経済発展を実現するために必要なモビリティ機会を達成することによって輸送関連のGHG排出量が増加するが、そのような国々のモビリティ機会の達成を保証する。

Mobility 2001では、世界の都市化がいかに急速に進んでいるかという点を指摘している。1950年には、世界人口の中で都市部に暮らしているのはわずか30%程度であったが、50年後には、この数字は約50%に達した。都市化は今後も抑制できないと思われる。国連は、2030年までに世界人口の中で都市部に暮らしている人間の割合は60%に達すると予測している。(図0.12参照)
(国連 2001年)

しかしながら、都市化が激化する一方で、発展途上国の農村部に暮らす人々の数も増加し続けている。国連の予測によれば、

2030年には発展途上国の農村部に暮らす人々の数が30億2,000万に達するが、これは、1950年の世界の総人口を上回る数字である。

このように多くの農村部に住む住民たちは、基本的なモビリティインフラが不足しているため、生活に不可欠な物やサービスを十分に利用することができない。地方で暮らす約9億の人々(農村部の人口の30%)が天候によっては利用できなくなる道路を使用している状況にある。それらの人々は、医者やその他の医療スタッフのもとへの通院、通学、商品の販売、友人・親戚の訪問などを手に行うことができない。世界銀行などの機関は、こうした地域における農村部の道路建設を促進させる試みを実施してきた。このような道路が受容限度を超えて環境を損なわないようにするという条件付きで、こうした取り組みを奨励していくべきである。

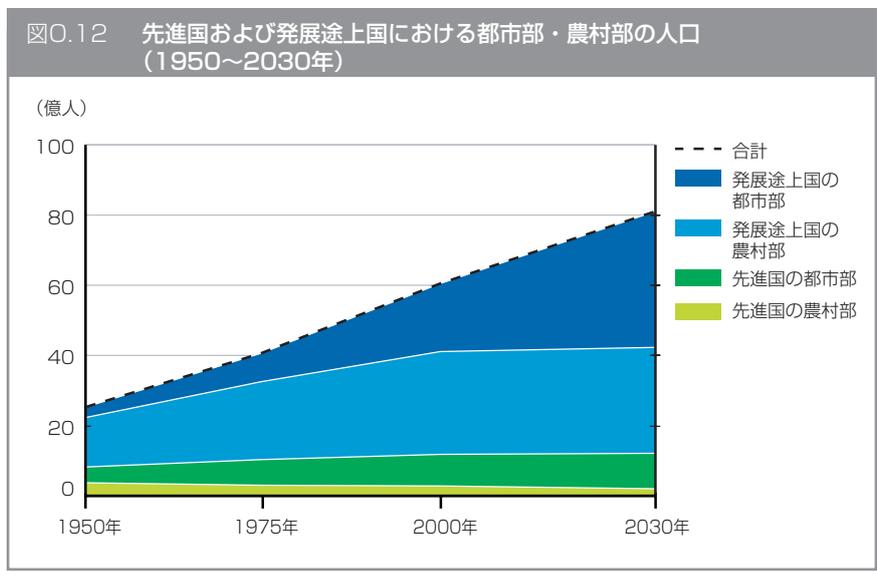
孤立した農村部の住民は、道路だけでなく、そうした地方でよく見られる厳しい条件下で運転するよう設計された安価な自動車も必要としている。アジアの一部では、既に自動2輪・3輪車やトラクターから派生したシンプルな車両がこのようなニーズを満たすのに役立っている。

しかし、これらの車両は、従来型排出物の排出量も多く、エネルギー効率も比較的悪い。GHGの主要発生源となっている。また安全性で劣る場合も多い。このような車両が最新技術を搭載している必要はないが、基本的な排気制御システムの搭載と、安全性を考慮した設計、組立が必要である。

貧困にあえぐ国々におけるモビリティ機会の成長は、経済開発を成功させるための重要な要素であるため、先進国はその結果として起こるGHG排出量の増加を、このような成長を抑制するための理由とみなしてはいけな、というのがSMPの意見である。むしろ、先進国は、最貧国が新たに達成したモビリティ機会を手が届かない価格にしないようなやり方で、そうした国々が自国の輸送関連のGHG排出量の増加を制御できるよう支援を行うべきである。これが不十分だと考えられるうちは、先進国は最貧国のGHG排出量の増加を相殺する手段を考慮する必要がある。

(b) 国および地域内部に存在する「モビリティ機会の格差」を縮小する

モビリティ機会の大きな格差は、所得格差や社会的格差を反映(そしてそれらの格差に貢献)する形でほとんどの国々の内部にも存在する。都市部の面積は拡大しているが人口密度は低下しているため、既存のモビリティ機会を拡大することはおろか、それを維持するだけでも、ますます困難になりつつある。それでも、この両方を実行しなければならない。このためには、課金戦略(十分な助成金の支援を受けた低料金)を用い、既存の従来型公共交通システムの効果的な活用を奨励することが必要である。また、パラトランジットなどの輸送技術を利用して、最貧困層、高齢者、障害者、恵まれない人々などが仕事や社会サービスを利用できるようにすることも必要である。





7. 一般の人々が利用できるモビリティ機会を保護し、高める

現在ほとんどの先進国（および多くの発展途上国）の一般市民が利用できるモビリティ機会は、過去のモビリティ機会を大幅に上回るものである。しかし、先述したように、都市生活パターンの変化は貧困層、高齢者、障害者および恵まれない人々のモビリティ機会に悪影響を及ぼすだけでなく、多くの平均的市民のモビリティ機会を損なう恐れもある。特に、従来型の公共交通システムが人のモビリティを提供するという重要な役割を果たす能力が脅かされている。

これらのモビリティの選択肢を維持することを今後数十年間の主要目的とするべきである。同時に、将来の都市化・郊外化の進んだ地域において持続可能なものとなりうる新しいモビリティ・システムを開発し、その導入を開始する必要がある。

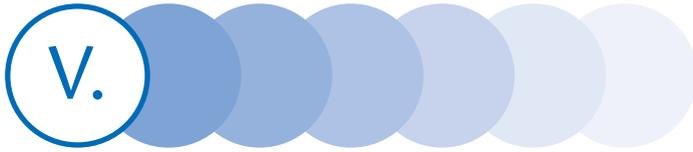
先進国、発展途上国を問わず多くの都市部では、道路を基盤とする輸送システムには、バスや「バスのような」システム（パラトランジットを含む）の本来の柔軟性を生かした利用を増加する機会があ

るとSMPでは考える。また、新しい車両技術（推進システムなど）や、新しい情報技術を「バスのような」システムに組み込んで活用すべきである。車両の保有や利用の新たなパターン（カーシェアリングなど）が多くの地域のモビリティ・システムで不可欠の要素となる可能性は高い。

50年、あるいはそれ以上という長い目で見れば、モビリティ様式的发展に関して、社会は基本的選択を迫られていると言える。モビリティを持続可能なものとするためには、人々をさらに過密な集団の中で生活するように誘導しなければならないという意見もある。こうした見解によれば、技術的にも財政的にも、現在の一般的な事例よりも公共交通システムの利用を高めることが可能になるだろう。このような生活様式の変化を実現するためには、さまざまな「アメ」（そのようなパターンを利用者の希望に近いものにするを目的とした都市計画など）と「ムチ」（自動車の保有をより高価かつ複雑なものにする）が必要になると思われる。

我々から見て、この戦略は輸送システムの技術的、経済的特性の採用を人々

に強制することに基盤を置いているように思われる。一方で、輸送システムの技術的、経済的特性を国民の生活の選択肢に合わせるという戦略もある。我々が説明してきたさまざまな車両技術には、このような適合を実現する可能性もあると思われる。しかし、このような技術の応用は他の場合と同様に、可能性を現実のものとするためには、多数のステークホルダーによる大がかりな研究が必要になるだろう。



上記の目標を達成する上での「積み木（基本要素）」、「てこ（誘導・促進策）」、「制度的枠組み」の役割

我々の報告書では、「積み木（基本要素）」とは、もし効果的に活用することができれば、変化を生み出す可能性がある何かであると定義した。我々が報告書で述べている積み木とはほとんど車両技術や燃料のことであるが、その他の積み木も存在する。しかし、それらだけでは何もできない。動かすには、「てこ（誘導・促進策）」を利用する必要がある。「てこ」は、価格、自主合意、規制、補助金、税、インセンティブ等の政策手段であるか、あるいは社会の根本にある姿勢や価値の変化である。報告書のなかでは、「てこ」についての説明をし、その効果について明らかになっていることを記載している。

第3の要素、「制度的枠組み」は、特定の社会を特徴づける経済・社会・政治的な制度から成る。これらに関しては我々の考察の中で、速度カメラや車両の自動システムなどにより、不法なレベルの従来型排出物の排出を規制当局に報告するなど、「おしつけがましい」交通安全の執行方針を受け入れることに対する意欲には、社会によってバラツキがあるということを述べてきた。しかし、このOverviewを締めくくるにあたって、我々は持続可能なモビリティの達成を追求する上で不可欠なこの第3の要素にさらに注目してみたいと考える。

なぜ、制度的枠組みに関する懸念がある

のだろうか？「制度とは、ある社会におけるゲームのルールである。つまり、改まった言葉で言うと、人間が考案した、人間同士のやりとりを形成する制約のことである。結果としてそれらは、政治的あるいは社会的、経済的、いずれかの方法で人間の交流における動機を構造化するものである」（ノース 1990年）制度は、国や地域が持続可能なモビリティの目標に優先順位を付け、どの目標の達成を目指していくのか、どの「てこ」が特定の目標達成に用いる上で容認できるか、どれだけ集中的にこのような「てこ」を使用することができるか、そしてその使用に対して課せられる制約は何であるのかなど、国や地域の判断のよりどころを決定する。

制度的枠組みは、社会のモビリティの選択肢にさまざまな形で影響をもたらす：政府による長期的手法の策定能力とそのような手法を実行する公約の信頼性に影響をもたらす。社会の法や規範を守らせるために政府がとりうる手段、そしてこのような手段の使い方に影響をもたらす。成功する上で複数の国家の合意と協調行動が必要となる政策や手法を政府が実施する可能性や実施そのものに影響をもたらす。ある製品やサービスの社会的受容性、このような製品の使用に関する異なるパターン、および異なるパターンの許容範囲に関する社会的受容性を定める。望まれる結果を達成するための、社

会のさまざまな構成員に対する責任や費用の分担に影響をもたらす。幅広いステークホルダー全般にわたる自発的協力を促すことも思いとどまらせることもある。

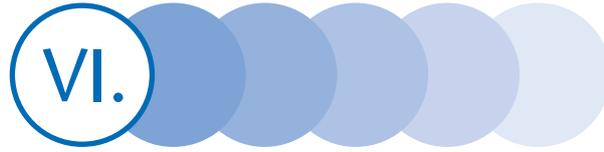
端的に言えば、制度的枠組みは、持続可能なモビリティが達成されるのかどうか、そしてどのようにすれば達成されるのかを判断するものである。

持続可能なモビリティの達成には、人や物の輸送システムや、社会がどのようにそれらを利用するのかについて、大きな変化が求められることになるかもしれない。このような規模や種類の変革を行うことは、社会の政治、文化、経済制度に対して大きな圧力を与えることになるかも知れない。たとえば、手法によっては、以前には非現実的とか政治的に受け入れがたいと思われていた対策を政府が実行するよう要求するかもしれない。きわめて長期的な（例えば、50年以上の）取り組みを政府に要求するであろう。自動車の使用について、過去には受け入れがたいと考えられたレベルの政府の介入を受け入れるよう一般社会に要求するかもしれない。前例がない、賛成しがたいと考えられている歳出の項目や金額、例えばインフラのための項目や金額、を受け入れるよう一般社会に要求するかもしれない。一部の階層の人々を他より明確に優遇するよう要求するかもしれない。従

来の法的権利に対する制限を受け入れるよう一部の社会層に要求するかもしれない。一部の社会が過去には受け入れがたいと考えられた形で他の社会と協力するよう要求するかもしれない。ある製品の従来の購入および使用パターンに大きな影響を及ぼす（または、そうしたパターンを完全に消滅させる）かもしれない。

異なる社会がこうした変化の経験に耐えるか（または耐えようとするか）ということの保証はない。その達成が重要であると社会が宣言した目標と、目標達成に必要な「てこ」を採用する意欲（もしくは能力）との間にずれが生じた場合は、ジレンマに陥ってしまう。「絶対に無理だ」と、目標の達成を放棄するような態度を変えさせる施策や活動を宣言することができる。さまざまな団体にとっては受け入れることが「困難な」施策を敢えて実行し、その既成事実を背景に受け入れを促すよう努める（もしくは強いる）ことも可能である。また、施策を実施する前に、宣伝、施策策定に携わる幅広いステークホルダーの関与、実際の、またはそうであると考えられている「敗者」への補償の合意等を通じて、その受容度を変化させるよう試みることもできる。

持続可能なモビリティの達成に向けては、制度的な枠組み、車両技術や燃料の本来の可能性、また特定の政策での「てこ」や行動に関する理論上の「有効性」と「無効性」に注意を払っていく必要がある。



我々企業の 目標達成に向けた貢献

本報告書に記載された問題のほとんどは、我々の企業にとって目新しいものではない。報告書が示すように、我々は、輸送関連の従来型排出物を制御するために、燃料や車両技術の提供において大幅な進展を遂げており、先進国におけるこれらの懸念を払拭するところまで来ている。我々の企業はみな、車両の予防安全システム、教習所などでのドライバー訓練プログラム、ドライバー、乗員および歩行者を含むさまざまな教育プログラムなどを通じて、道路安全の課題に取り組むプログラムに関与している。

我々は、自身の事業活動から排出されるGHG排出量の削減だけでなく、顧客が製品（燃料や車両）を利用する段階から発生するGHG排出量の削減に向かって進んでいる。これはより挑戦的な課題であり、GHGに関する状況はさらに複雑な様相を帯びている。基本的な目標は、カーボンニュートラルな成果を提供できる将来的な燃料・車両の開発に取り組みながら、製品の燃料消費を削減することである。これは、競争と協力という2つの性質を併せ持つ分野だが、我々の企業は、例えば、カリフォルニア燃料電池パートナーシップなどの共同イニシアチブや、先進国と発展途上国の双方における水素や燃料電池車の実証プロジェクトに参加している。

我々の社会における輸送の重要性の高さと、輸送に関連した事項が社会のほぼすべての出来事に何らかの影響力を持って

いるという事実を考慮すると、多くの分野において我々が自力で対応できる力は、極めて限られている。

従来型排出物の制御に関しては、我々は車両の排出制御装置の効率と信頼性を引き続き向上させていくことができる。「ハイ・エミッター」車両を突きとめ、それらの車両の修理または運用停止を求める積極的な取り組みを促進することもできる。発展途上国では、排気制御装置のコスト削減と、メンテナンス不足や品質の悪い燃料に対するこのような装置の「頑強さ」の向上に努めることができる。また、追加コストの削減と、必要な燃料の利用可能性の改善に取り組むことも可能である。我々としては、顧客に対して、車両を正しく整備したり、従来型排出物の排出量がより多い車両を廃棄し、より少ない新車に買い替えたりするように強制することはできない。それができるのは、政府だけである。また、それを実施するか否かを決定する上で、政府は排気制御の効率だけでなく、より多くの要因を考慮しなければならない。

輸送関連のGHG排出量を持続可能なレベルにまで削減するという目標の達成における我々の役割も、同様に限られている。我々は、主流技術の改善と新技術の開発および実施を継続することができるし、それを実行していくつもりである。しかし、ビジネスの観点からすると、顧客が欲しくない車両の生産や、需要がほとんどあるいはまったくない燃料の生産、



供給を正当化することはできない。道路車両から出るGHG排出量削減に必要な車両や燃料のコストが、顧客が進んで支払う額を超えてしまう場合、または削減のために取るべき措置が社会から求められる場合、我々がこれらの車両や燃料を利用可能なものとするように、企業または顧客に対して必要な促進策を提供するのは政府の責任である。我々は、公けの論議へ参加し、政府による促進策の採用を促し、政府が効果的と思われるものとそうでないものを把握するための支援を行うことができる。先進的な技術および燃料に関する限り、我々は力を合わせ、政府とも協力して、技術的に実現可能な事項に関する理解を高め、本報告書で先に述べたような技術的、経済的な不確定要素の軽減に取り組むことができる。

道路安全に関しては、我々は適切かつ効果的な安全関連の車両技術の採用を

支援することができる。また、道路交通法のより積極的な執行を奨励することもできる。ドライバーにはより安全な運転法を、交通弱者に対しては身を守る方法を教育するプログラムを実施することができる。また、自動車を交通弱者から隔離したり、路面と現地の状況に適する車両速度を促すように設計されたインフラの建設を支援したりすることもできる。しかし、排出物の制御と違い、顧客の製品の使い方から起こる安全面の問題は我々の管理の及ぶものではない。

我々の影響力が限られている最も端的な事例は、上述したモビリティ機会の格差の縮小に関するものである。我々は、最貧国の農村部に暮らす住民が基本的な道路利用ができるように、世界銀行などの機関による取り組みを支援することができる。しかし、これらの道路自体を提供

することはできない。我々は、都市部におけるモビリティ機会（カーシェアリング、パラトランジットおよび新たなモビリティ・システムなど）の改善を目指す手法を奨励する努力を支援することができる。しかし、社会がこのような手法を採用するか、採用した場合にそれが成功するかどうかという点に関しては、我々が行使しうる影響力はほとんどない。

VII.

将来に向けて

本プロジェクトの参加企業は連携を取り、より持続可能性の高いモビリティのパターン実現に取り組むに当たり、対処すべき主要な分野についての理解を深め、どこに解決策があるか、それを実現するために何を実行しなければならないのかという判断力を向上させてきた。

本報告書の重要な目的のひとつは、企業内で持続可能なモビリティのテーマを推進するきっかけとなることである。また、報告書の発行に先立ってその研究の結論を検証するにあたり、各企業は、各自が既に参加している広範囲かつ多種多様な活動を越えて、目標に照らした進捗を促進するために何ができるかということ考察した。機会があるのは明らかだが、それらは企業内および他者との幅広い協議の結果もたらされるものであるべきというのが賢明である。したがって我々は、社内および幅広いステークホルダーとの対話を実施し、我々の活動のどこに、どのように重点を置くのが最適であるかを決定する必要がある。我々は、本報告書が提示する緊急課題と機会の両方を認識しており、全力でこれを実行するつもりである。報告書内の目標では、検討すべきさまざまな時間枠と選択肢に注目し、それを認識することが肝要であることが明確に提示されている。

本報告書自体に加えて、我々は、取り組みの指針の一助とするために利用したシナリオなど、報告書を作成する中から得られた基本研究や資料の公開に向けた準備を進めている。(これらのシナリオに関しては、報告書の第2章の終わりに要約を記載している。) また、IEAと共同で開

発した表計算モデルおよび説明資料の公開に向けた動きも進行中である。これによって他の皆様がさらなる研究に着手するための基盤を提供できると考えている。

本報告書の「序」の中に各企業のCEOが指摘したとおり、モビリティの促進は社会の発展にとって不可欠であるが、それには解決しなければならない一連の影響が伴う可能性がある。これまでに多くの事柄が達成されており、現在我々は持続可能性のさらに高いモビリティを達成するための課題に対し、より良い解決方法をより明確に把握するための取り組みを進めている。本プロジェクトの成果は、我々にとって重要な貢献となるだろう。また、他の皆様に対する貢献にもなれば幸いである。明快な進歩を実現するために、他の皆様と協力できることを期待している。



参考文献一覧

ハビカー、パウティスタ、ジャコビーおよびライリー 2002年

ムスタファ.H.ハビカー、メラニー.E.パウティスタ、ヘンリー.D.ジャコビーおよびジョン.M.ライリー、『セクターによる気候政策の差別化による影響—米国の例』グローバル・チェンジの科学および政策に関するMIT共同プログラム、報告書No.61、2000年5月

欧州WTW 2004年

CONCAWE、EUCARおよびJRC、『欧州における将来の自動車燃料およびパワートレインのWTW分析：WTW報告書、Ver.1b』2004年1月

FKA 2002年

Forschungsgesellschaft Kraftfharwesen mbH アーヘン・ボディ部門、『アルミニウム化を徹底した車両の軽量化の可能性：最終報告書』プロジェクトナンバー24020、アーヘン、2002年12月

IAPI 2000年

国際アルミニウム精錬協会、ライフサイクル運営委員会『アルミニウムの応用と社会、エネルギー消費および温室効果ガスに関する世界のアルミニウム業界のライフサイクル・インベントリー、論説1—自動車』2000年5月

IEA 2002年

国際エネルギー機関、『2002年世界エネルギー展望』、OECD/IEA、パリ2002年

クーンストラ 2003年

マティス・クーンストラ、『現在の傾向が続く場合の、モビリティが持続可能かつ安全なものになる見通し』WBCSD持続可能なモビリティ・プロジェクトのための資料、2003年12月15日、未発表

ノース 1990年

ダグラス.C.ノース、『制度・制度変化・経済成果』、英国ケンブリッジ大学プレス、ダロン・アセモグル、シモン・ジョンソンおよびジェームス・ロビンソン『長期的成長の基本的動機としての制度』、NBER研究報告書10481、2004年5月の中で引用

SMP 2001年

『Mobility 2001：20世紀末時点の世界のモビリティとその持続可能性に関する課題』WBCSD持続可能なモビリティ・プロジェクト、ジュネーブ、2001年

国連 2001年

『世界都市化予測：1999年改訂』国連経済社会局人口課、ニューヨーク、2001年

ウッド 2004年

リチャード.M.ウッド、『輸送のエネルギー消費に対する先進空力技術の影響』SAE技術論文シリーズ、2004-01-1306、2004年3月

用語集、略語および 頭字語一覧

パール

気圧測定の単位。1平方インチ当たり14.5ポンド

バイオディーゼル

植物油から生産される燃料。脂肪酸メチルエステル (FAME) としても知られている

バイオ燃料

トウモロコシ、大豆、さとうきび、ポプラ、柳およびスイッチグラスなどのバイオマス作物、また農業廃棄物や間伐材、そして埋立ガスや都市ゴミからも生産される燃料

カーボンニュートラル

大気中に炭素を全く排出しないこと

炭素隔離

炭素含有物質 (CO₂など) を別の場所に貯蔵すること

CONCAWE

Conservation of Clean Air and Water in Europe

従来型排出物

一般的に、一酸化炭素 (CO)、窒素酸化物 (NO_x)、粒子状物質 (PM)、硫酸酸化物 (SO_x) および未燃炭化水素 (HC) の排出を指す。HClは、揮発性有機化合物 (VOC) または非メタン有機ガス (NMOC) と呼ばれる場合もある

電気化学的方法

化学変化による電気の生産

エタノール (C₂H₅OH)

無色透明、可燃性のアルコール

EUCAR

the European Council for Automotive R&D

EU-15カ国

2004年の拡大前の欧州連合加盟15カ国

EU-25カ国

EU-15カ国に2004年加盟の10カ国を足したもの

供給原料の流通

燃料生産のために原材料を集めること

FTディーゼル

フィッシャー・トロプシュ処理を利用して天然ガスから生産された液体燃料。圧縮自己着火エンジンで使用される

FTガソリン

フィッシャー・トロプシュ処理を利用して天然ガスから生産された液体燃料。火花点火エンジンで使用される

燃料電池

燃料 (水素) と酸化剤 (酸素) の化学エネルギーを、燃焼を伴わずに直接電気エネルギーと熱に連続して変換する電気化学的装置

燃料インフラ

燃料を生産地から輸送車両に補給される場所まで配給するシステム

GHG (温室効果ガス)

主に水蒸気 (H₂O)、二酸化炭素 (CO₂)、窒素酸化物 (N₂O)、メタン (CH₄) およびオゾン (O₃)

過酷な道路状況

舗装されておらず、十分に整備されていない道路やけもの道と大差がないような道路での運転状況

重量車両

一般的には、小型の配達用バン (中量・重量トラック) よりも大きい貨物トラックや、都市間バス、公共交通機関のバスを指す

HEV

ハイブリッド電気自動車

ハイ・エミッター車両

指定された排出基準の許容範囲を大幅に上回る従来型排出物を排出する車両のこと

ハイブリッド化

複数の推進装置 (火花点火エンジンと1つ以上の電気モーターなど) を利用して車両を駆動させること

高度道路交通システム (ITS)

さまざまな無線および有線の通信をベースにした情報・管制・エレクトロニクス技術を組み込んだ輸送車両やインフラ。交通流の監視および管理、渋滞の緩和、ドライバーへの迂回ルートの提示などに役立つ

IEA

国際エネルギー機関

LDV (軽量車)

乗用車およびその他の軽量な個人用車両のこと。通常、自動2輪・3輪車は含まれない

リグノセルロース物質

リグニンおよびセルロースのさまざまな化合物の一種。植物の木質細胞壁に不可欠な構成要素である

メタノール (CH₃OH)

無色有害なアルコール

天然ガス

炭化水素化合物の混合物で、主にメタン (CH₄)。ガス状、または原油に溶解した状態で自然界の地下に埋蔵されている

防音壁

道路、鉄道または空港を利用する輸送車両による騒音を低減するために、それらの施設に隣接して建設される壁

バトランジット

個人所有の自動車から従来の公共交通機関までの、あらゆる公共および個人の大量輸送が含まれる

自動2輪・3輪車

何らかのモーターまたはエンジンによって駆動する2輪または3輪の車両。オートバイやスクーターが含まれる

残渣燃料

大型船の駆動に利用される重油製品

転がり抵抗

タイヤが路面を転がる際に発生する抵抗

SUV

スポーツユーティリティビークル

メタン水蒸気改質

触媒の入った反応炉にメタンガスと700~1,100°Cの水蒸気を入れ、3~25バールで加圧する処理

水の電気分解

電気をういて水から水素を生産する方法

WTW

油井から車輪まで。輸送燃料の抽出、生産、配給からの排出 (油井からタンクまで: WTT) と、車両の使用からの排出 (タンクから車輪まで: TTW) の両方を含む GHG排出の算出方法

WBCSD連絡先

Project Director: Per Sandberg,
Per.Sandberg@hydro.com
Communication Manager: Tony Spalding,
spalding@wbcسد.org
Project Officer: Claudia Schweizer,
schweizer@wbcسد.org

リードコンサルタント連絡先

George Eads, Charles River Associates,
geads@crai.com

企業連絡先



Charles Nicholson,
nicholcc@bp.com

DAIMLERCHRYSLER

Ulrich Müller,
ulrich.dr.mueller@daimlerchrysler.com



Deborah Zemke,
dzemke@ford.com

GM General Motors.

Lewis Dale,
lewis.dale@gm.com

HONDA

椎名 孝則
takanori_shiina@n.t.rd.honda.co.jp



Erik Sandvold,
erik.sandvold@hydro.com



Patricia Le Gall,
patricia.le-Gall@fr.michelin.com

NISSAN

朝日 弘美
h-asahi@mail.nissan.co.jp



Catherine Winia van Opdorp,
catherine.winia-van-opdorp@renault.com



Mark Gainsborough,
M.Gainsborough@shell.com

TOYOTA

長谷川 雅世
masayo_hasegawa@mail.toyota.co.jp

VOLKSWAGEN AG

Horst Minte,
horst.minte@volkswagen.de

WBCSDについて

持続可能な発展のための世界経済人会議 (WBCSD) は、経済成長、環境保全、社会的公平という3本の柱による持続可能な発展に対して共有の決意を持つ170の国際的な企業の連合体である。

メンバーは、35以上の国と30の主要な産業分野を代表して参加している。我々はまた、50の国家および地域の経済会議のグローバル・ネットワークと、1,000人のビジネス・リーダーたちがグローバル規模で参加するパートナー組織からも支援を受けている。

WBCSDの使命

持続可能な発展に向けた変革のきっかけをもたらすべく産業界のリーダーシップをとること。また、環境効率、革新 (イノベーション)、企業の社会的責任の向上に寄与すること。

WBCSDの目的

我々の目的と戦略の方向性は、上記の使命を基本として以下に述べるものを目指す。

産業界におけるリーダーシップ

> 持続可能な発展に関連した問題に対して産業界の声を主導していくこと。

政策策定

> 産業界が効果的に持続可能な発展に貢献できるように枠組みを創出するため、政策策定に参画すること。

最善の事例提示

> 産業界の環境、資源活用と企業の社会的責任における進歩を示し、WBCSDメンバー間でその時点の模範的事例を共有すること。

グローバルな展開

> 発展途上国および変革期の国々の持続可能な未来に貢献すること。

持続可能なモビリティ・プロジェクトとは何か？

持続可能なモビリティ・プロジェクトはWBCSD (<http://www.wbcسد.org>) のメンバー主導プロジェクトの1つである。本プロジェクトでは、道路輸送における人、物、サービスの持続可能なモビリティに関するグローバルなビジョンを策定する。このプロジェクトは、持続可能なモビリティの達成に向けて、社会が問題を認識しその解決のための行動を取る態勢が整っていることを前提に、環境・経済面の懸念に対処する上で考えられる経路を示すものである。

免責条項

Mobility 2030はWBCSDの持続可能なモビリティ・プロジェクトの12の参加企業の幹部による共同作業がもたらした成果であり、メンバー主導のイニシアチブとしてWBCSDがスポンサーを務め、WBCSD事務局がその活動を支援した。他のWBCSDプロジェクトと同様に、SMPIはその活動に際して世界各地の広範囲にわたる利害関係者 (ステークホルダー) の参加を仰いだ。報告書は Charles River Associates とその他数社のコンサルタントの助力を得て作成され、その主要な見解と今後の展望において幅広い一致を見ることができるよう、すべての参加企業による見直しが行われた。おおむね満足のいくレベルの合意が形成されたが、それは必ずしもすべての参加企業が報告書のあらゆる記述内容に同意しそれを支持していることを示すものではない。

刊行物の注文

WBCSD c/o SMI Ltd (物流サービス)

P.O. Box 119, Stevenage SG1 4TP, Hertfordshire, England

電話: +44 1438 748 111 Fax: +44 1438 748 844

E-mail: wbcسد@earthprint.com またはウェブ: <http://www.earthprint.com>

刊行物はWBCSDのウェブサイトでも参照可能。

<http://www.wbcسد.org/web/mobilitypubs.htm>

著作権 ©World Business Council for Sustainable Development 2004年7月

ISBN 2-940240-61-2

印刷元 日本 株式会社ダイナワード 2004年7月

