

# 環境儀

No. 11

JANUARY 2004



国立環境研究所の研究情報誌

## 持続可能な交通への道 環境負荷の少ない乗り物の普及をめざして

### “Environmentally Sustainable Transport”

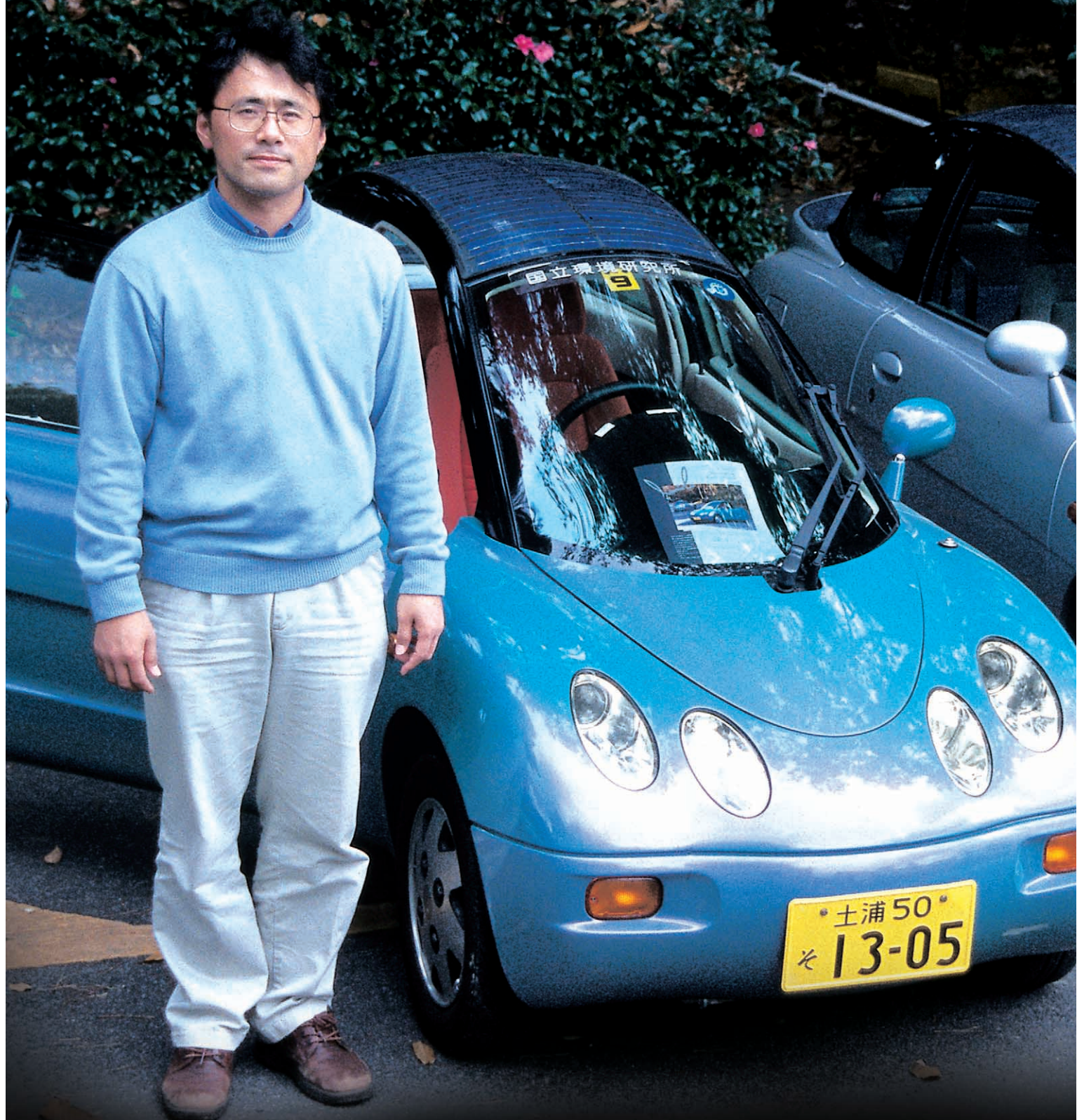
環境の世紀と調和する「持続可能な交通」への道。自動車社会が作り上げた化石燃料大量消費から再生可能なエネルギーへの転換 排ガス 騒音への対策を一層進めるとともに 交通体系そのものを過度に自動車に依存しない社会の構築が今始まっています。

独立行政法人

国立環境研究所

<http://www.nies.go.jp/index-j.html>

ニーズにあった乗り物を創造することは、  
持続可能な交通を実現する近道です。





## 環境儀

国立環境研究所の研究情報誌

自動車が生れておよそ120年。いまや自動車の保有台数は日本だけでも7,000万台にもものぼります。自動車がこれほどまで普及したのは自動車によって飛躍的に人・物が自由に移動できるようになり産業の発展や生活の向上に役立ってきたからです。そして今日私たちは自動車なしでは一日として生活できないような社会を作り上げてしまいました。

一方こうした自動車への過度ともいえる依存は大気汚染や騒音などの環境問題、交通事故、公共交通機関の衰退などといった弊害を招いています。近年クローズアップされる地球温暖化問題に関しては自動車を中心とする運輸部門からの温室効果ガス排出量が1990年以来増加の一途をたどり2001年の時点で22.8%の増加となるなど深刻化しています。

国立環境研究所では自動車社会が抱える環境問題について、1994年から環境保全に対応した陸上移動媒体(エコビークル)の開発、地球温暖化防止対策技術の総合評価としての交通分野の評価、また低環境負荷型都市交通手段さらには交通需要の地域特性に適合した運輸部門の環境効率向上策などのさまざまな研究を行っています。本号ではその中から「電気自動車の開発」、「自動車の環境効率評価」について紹介します。

### C O N T E N T S

## 持続可能な交通への道

環境負荷の少ない乗り物の普及をめざして

#### INTERVIEW

研究者に聞く ..... P4-P9

#### SUMMARY

電気自動車の開発と自動車の  
環境効率評価 ..... P10-P11

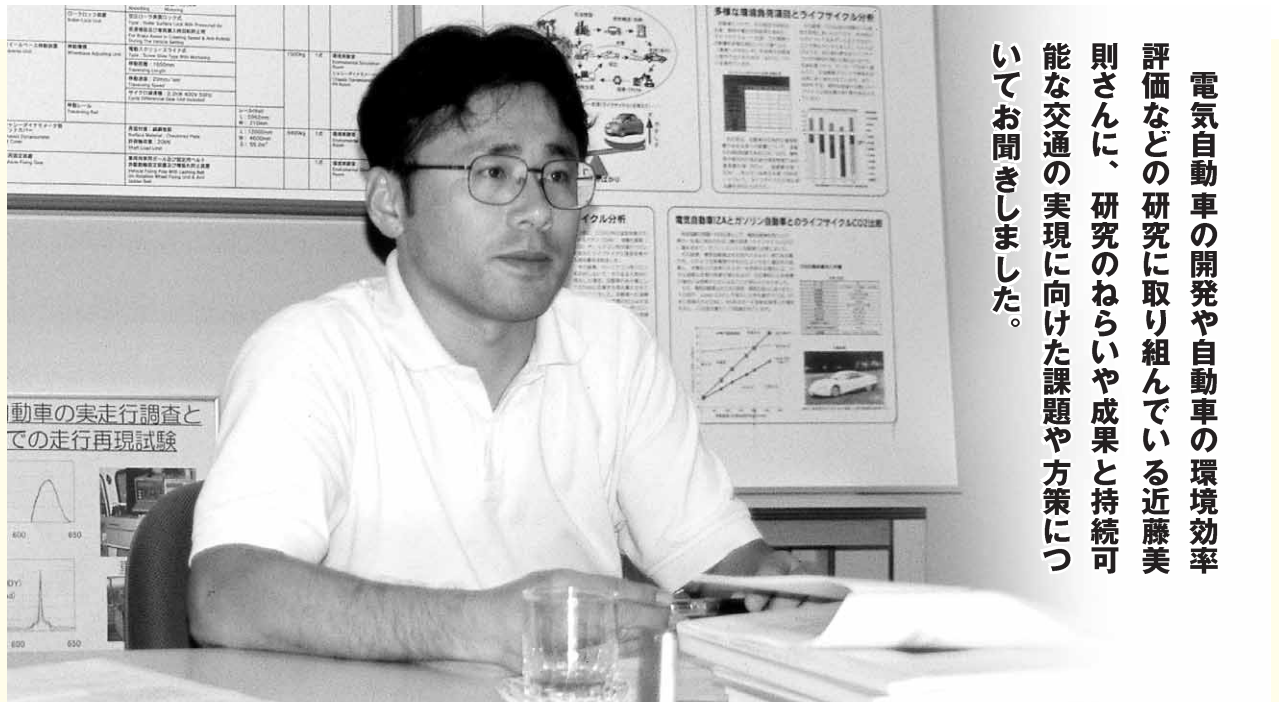
自動車の環境・エネルギー対策を  
めぐって ..... P12-P13

「持続可能な交通に関する研究」の  
全体構成 ..... P14



## 研究者に聞く

近藤 美則 PM<sub>2.5</sub>・DEP研究プロジェクト  
交通公害防止研究チーム 主任研究員



電気自動車の開発や自動車の環境効率評価などの研究に取り組んでいる近藤美則さんに、研究のねらいや成果と持続可能な交通の実現に向けた課題や方策についてお聞きしました。

### ●自動車と環境問題

——研究についてお聞きする前に、自動車の抱える環境問題をどのようにごらんになっているのかお聞かせ下さい。

近藤 自動車は都市部の大気汚染や騒音、石油の大量消費による地球温暖化などさまざま環境問題を引き起こしています。これらについては多くの人が問題意識を持っていますが、自動車は減るところかむしろ増えているのが現状です。

では、どうすれば自動車の環境問題を解決できるかという点、一つは自動車1台1台から出る環境負荷をできるだけ小さくすることです。たとえば電気自動車などが一つの例で、このような低公害車の開発をより一層進め、それを普及させることが重要です。

もう一つは自動車に代わる電車やバスなど公共交通の整備です。できるだけ自動車に乗らなくてもよい交通システムづくりが必要だと思います。これは環境問題だけでなく、すぐ先にくる高齢化社会とも関わってくる課題です。

### ●電気自動車の開発

——今お話しされた電気自動車、画期的なものを作られたそうですが、その開発に取り組むきっかけを教えてください。

近藤 初めにお断りしますが、私はこの電気自動車の開発に初めから関わっていたわけではありませ

ん。この研究は、1994年当時国立環境研究所地域環境研究グループ・交通公害防止研究チームに在籍していた清水浩さん(現慶応義塾大学教授)が中心になって行っていた「環境保全に対応した陸上移動媒体(エコビークル)に関する基礎研究」の一環として進められていまして、私は途中参加です。ですから、開発に関する多くの部分は清水さんの考えです。それを私なりに解釈してお話しすることになります。

さて、自動車をめぐる環境問題は先ほども申し上げましたようにたくさんありますが、私たちが目をつけたのは窒素酸化物(NOx)や粒子状物質(PM)などの大気汚染対策です。自動車排ガスが原因といわれる大気汚染は非常に局所的で、健康影響などの被害も沿道が中心です。この対策としては元を絶つことがもっとも効果的です。そこで排ガスをできるだけ出さない自動車は何かということで、排ガスゼロの電気自動車の開発にたどりついたわけです。

——でも電気自動車というと、スピードなどの運転性能や一充電走行距離など、普通の自動車に比べかなり性能が劣るという印象がありますが。

近藤 これまで市販された電気自動車は、加速性能が劣ることや最高速度の低さ、長い距離を走れないなどの問題がありました。しかしその大きな理由は、当時の電気自動車が既存車の改造車という域を出ていなかったからです。既存の市販車の駆動系などのパーツをほとんど使い、そのエンジ



ンをモータに代えて新たに電池をつける，という方式では限界があります。またそれ以前に，電気自動車にはするどい加速やきびきびした走りはいらないという考えがあって，電池やモータも容量が小さいものが使われていました。

——そうした問題点は克服できましたか。

近藤 新しい乗り物にふさわしい作り方があってのではないかということで，コンセプトと技術を新たに検討し直して，電気自動車「ルシオール」としてゼロから開発に取り組みました。私たちが開発したルシオールは動力が電気になった自動車ではないのです。まさに「電気自動車」という新しい乗り物です。

——実際に開発してみて思いどおりの電気自動車できましたか。

近藤 ほぼできたと思います。開発の中で画期的なことは，モータを後輪の中に組み込むインホイールモータシステムを採用したことです。さらにモータの出力も大きくし，車体形状も空気抵抗の小さなものにしたこともあって，最高速度や加速性能も普通の乗用車なみ，電気自動車としては高性能と高効率を実現できたのです。

車体が小さいので走行安定性に不安がありました。が，重量のある電池を床下に置くなどの工夫により，同クラスの軽自動車に比べ重心の位置が1/3ほど下がり，旋回時の安定性などもよくなりました。

ルシオールはそのほかにも優れた特徴を持っています。これは電気自動車全般にもいえることですが，騒音の点でも優れています。普通の自動車のエンジンは回転数が上がると非常に大きな音を発生しますが，モータを使う電気自動車ではモータそのものによって騒音が問題になることはありません。

また電気自動車はエネルギー源が多様です。電気は化石燃料だけでなく太陽光や風力，バイオマスか

らも作ることができます。逆にガソリン車やディーゼル車は化石燃料がなくなれば，新たに多くの費用とエネルギーを投入して類似の燃料を作らない限り走れません。今はまだ膨大な量の化石燃料があるため既存の自動車に優位性がありますが，将来的にはガソリン車の優位性は続かないでしょう。

## ●電気自動車の普及に向けて

——高性能の電気自動車ができても，それが普及していかなければ環境への効果はありません。そもそも電気自動車へのニーズはどの程度あるのですか。

近藤 開発から6年が経過しましたが，この間に2，3年かけてルシオールに対する反応を聞き，どうしたら社会的に受け入れられるかを調査しました。

まずは研究所を訪れる方々に試乗してもらい，乗る前と乗った後での印象や，購入したいかどうかなどを聞きました。また全国各地で開かれていた低公害車フェアなどの環境関連のイベントに貸し出したり，国内だけでなく諸外国の方々にも知ってもらおうとIEVS(欧州，アジア，北米の順にほぼ毎年開催される国際電気自動車シンポジウム)などに持ちこみ，同じように意見を聞きました。

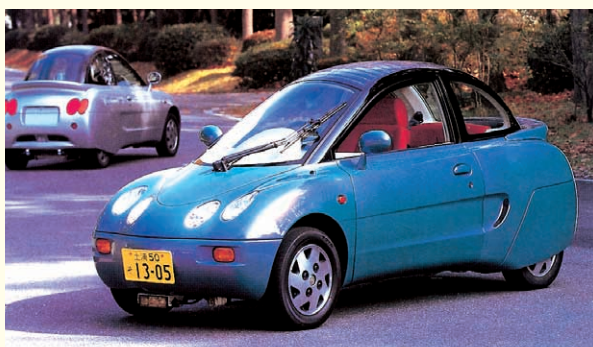
——その反応はいかがでしたか。

近藤 試乗前は，加速性能や航続性能でエンジン自動車に劣っていて実用的ではないという印象を持っていた人がほとんどでした。しかし試乗後は多くの方が考えを改めたようです。とくに加速のよさには驚いていました。性能だけでなくスタイルもよいという評価も多かったですね。

——購入したいという意見はいかがでしたか。

表1 ルシオール性能諸元

車体	全長×全幅×全高 車両重量	3.30m×1.20m×1.30m 910kg
一充電走行距離	40km/h定速走行 80km/h定速走行 10・15モード走行 10・15モード走行での燃費	290km 140km 130km 50km/
駆動装置	型式 モータ型式 最大出力 最大トルク 最高回転数 駆動輪	インホイールモータドライブ DCブラシレスPM 36kW/4,470rpm×2 77N・m/0-4,470rpm×2 8,700rpm 後輪
バッテリー	種類 容量,電圧 総電力,総電圧 重量	密閉式鉛蓄電池 40Ah,4V 8.9kWh,224V 269kg



ルシオール

# 研究者に聞く

近藤 7~8割です。そう回答してくれた人には「いくらなら買いますか」という質問をしたんですが、ほぼ半分の人が100万円、1万ドル前後なら買うという答えでした。

——サイズや価格から考えると、日本では軽自動車クラスがライバルになりますね。

近藤 そうですね。ルシオールには2台目、3台目の購入者向けという開発コンセプトがあります。たとえば郊外の住宅に住み、家から駅までの通勤や子どもの送迎、買い物など日常の移動に使うことを想定しています。ですから電池の容量などもそれに合わせて決めています。

——先ほど100万円前後なら買いたいという意見が多いとお聞きしましたが、実際この値段で販売できるのですか。

近藤 駆動系やバッテリーなど部分ごとにメーカーに量産時の価格をたずね、それを積み上げると、年間10万台の生産でこの値段で販売できます。

——環境性能と100万円前後という値段を考えれば量産化されてもおかしくないと思うのですが。

近藤 年間10万台というと売れ筋の自動車よりも若干少ない程度で、ヒット車の部類に入ります。販売目標としてはかなり厳しいですね。新しい設備投資も必要ですから、これまでのガソリン車を作るよりもリスクが伴います。そうしたリスクを冒してまで魅力ある商品にはなり得なかったのかなと思います。

——自動車メーカーにその気がないと普及どころではないですね。最近は燃料電池自動車という強力なライバルもあります。電気自動車は今後どうなってしまうのでしょうか。

近藤 燃料電池自動車についてはすでに何台か導入されているようですが、普及にはまだ数段の技術革新とコスト削減が必要です。本格的な普及には少なくとも20年はかかるといわれています。

一方、電気自動車はもっと早く実用になる可能性

## コラム 「低公害車」

一般に低公害車と呼ばれるのは以下の4つのタイプです。

- ① 電気自動車=バッテリーに蓄えた電気でもータを回転させて走る自動車です。
- ② 天然ガス自動車=都市ガスの原料でもある天然ガスを燃料として走る自動車。天然ガスを気体のまま圧縮して高圧ガス(CNG)として利用するタイプがもっとも普及しています。
- ③ メタノール自動車=アルコールの一種であるメタノールを燃料として走る自動車。ディーゼル車をベースに改造したディーゼルタイプとガソリン車をベースにしたオートタイプの2つがあります。
- ④ ハイブリッド自動車=モータとエンジンなど複数の動力源を組み合わせた自動車。動力の位置関係によりシリーズ方式、パラレル方式、スプリット方式の3つの方式に分けられます。

最近ではこれら4タイプに加え、従来のガソリン車で燃費・排ガス性能に優れた「低燃費かつ低排出ガス認定車」も低公害車として認められています。

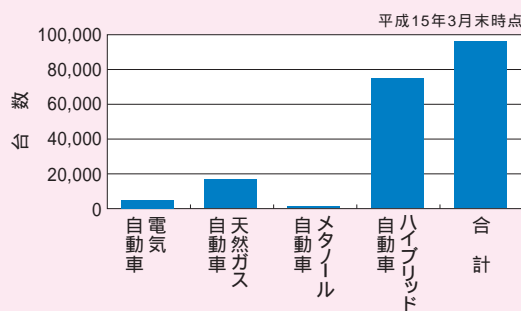
これらの低公害車を普及させるため、環境、経済産業、国土交通の関係3省は2001年に「低公害車開発普及アクションプラン」を策定し、2010年度までのできるだけ早い時期に1,000万台以上の普及をめざす目標を掲げました。

これら5つのタイプのほかに次世代低公害車として燃料

電池自動車とDME(ジメチルエーテル)自動車の研究・開発が進められています。燃料電池自動車に関しては、2002年12月に政府が国内第1号を公用車としてリース契約で購入したほか、2003年8月末にはバスが東京都内での運行を開始するなど注目を集めています。

なお、国立環境研究所が開発したルシオールを含む電気自動車の導入は年ごとに少しずつ増えています。車輻性能、価格、電気供給インフラの整備が遅れていることなどから、いまだ普及率を比較するレベルには達していません。

日本における低公害車普及台数





があります。私たちが1999年度までに実施した研究の中で、電気自動車の代替可能性について推定したことがあります。これは1997年度に(財)石油産業活性化センターが関東近県を対象に、自動車1回の利用でどのくらいの距離を走行するかなどを調べた利用実態調査を基にしたものです。

それによるとルシオール程度の性能があれば、乗用車と自家用の軽トラックのほとんどすべてを代替できる可能性があることがわかりました。具体的にいえば推定の対象となった約1,760万台のうちの1,522万台、なんと86%に当たります。ただし、利用目的まで厳密に考慮すると、この評価は多少違ってくると思います。

これは自動車に乗る人なら実感としてわかると思いますが、日常の生活で自動車に乗る距離は非常に短いですね。一日に何百kmも走るのは稀なケースです。ですから、家と駅の往復や買い物といった日常生活では電気自動車、長距離を移動する場合は電車やバスといった使い分けをするようになれば、普及する可能性は十分にあると思います。

——可能性はあるのはわかるのですが、エンジン自動車の代替という位置づけでは先が見えないような気がします。

近藤 エンジン自動車の代わりではなくて、別の乗り物だという発想の転換が必要だと思います。一つの移動手段としてみれば、乗員がせいぜい2~3人、乗っても一日に数十kmであれば電気自動車で十分なわけですから。

ところで電気自動車の可能性という意味では、最近面白い動きが出てきました。おもちゃのクルマなどを作っている玩具メーカーが、おもちゃの実車版のような電気自動車を開発し、販売し始めたんです。



1台120万円程度の玩具メーカーの電気自動車

電気自動車のカギとなるのは電池とモータです。電池とモータはそれぞれ専門メーカーがありますから、そこから部品を調達して組み立てれば自動車メーカーでなくても作ることができるのです。

2003年9月には、都内の企業がその電気自動車を新しい移動手段として採用し始めました。三十数社がネットワークを作り、それぞれ電気自動車2台と充電器1台を所持し、充電器を相互に利用できるようにしています。

都内のちょっとした移動には電気自動車ですら、こうした利用に多くの人に関心を持つようになれば、ルシオールの出番も来るかも知れません。

## ●自動車の温暖化対策

——さて、NOxなどの大気汚染物質対策に加え、最近では自動車排ガスによる地球温暖化問題の対策が課題となっています。研究では、地球温暖化対策つまりCO<sub>2</sub>対策の一環として自動車のエネルギー効率について取り組まれていますね。

近藤 自動車のCO<sub>2</sub>対策についていえば、燃料の消費を抑え、エネルギー効率をいかに高めるかがポイントです。ガソリン車の場合、おおよぼにいて、ライフサイクル全体のエネルギー消費量のうち約8割が走行時に使われるといわれています。ですから走行時の負荷を減らすことが重要になってきます。

今回の研究はこの「走行部分」に着目して進めました。走行時のエネルギー使用量は、エンジンやモータなど自動車の性能に関わる部分以外に、燃料自体に大きく依存します。そこで研究では、ライフサイクルアセスメント的分析としてWell-to-wheel (井戸元から車輪まで)、いわゆる一次燃料(原油や天然ガス)を採掘して、自動車の燃料タンクに積み、自動車が走るまでの全体のエネルギーの流れ(図1)を分析し、エネルギー効率の評価を行いました。いいかえれば、一次燃料が持っているエネルギーのうち、どの程度が実際に自動車が走る際に使われるかを試算したということです。

——その結果はいかがでしたか。

近藤 いくつかの燃料、車輛の駆動方式ごとにエネルギー効率を評価した結果、燃料電池自動車の効率ももっともよかったです。燃料電池自動車は水を作り出す燃料やその方法によってさらに分類され

# 研究者に聞く

ますが、ガソリンを改質（化学的な作用による分解）して水素を取り出す方法がもっとも効率が良いという結果でした。

——ガソリン改質以外の燃料電池自動車のエネルギー効率はどうでしたか。

近藤 この研究では、日本、北米、欧州と地域別にも評価を行っています。燃料電池自動車についていえば、日本の場合、海外で天然ガスを液化し、LNGにして持ってくるのか、それとも天然ガスをそのまま運んでそれを改質するのかによって効率に大きな差が出てきます。ですから場合によっては、燃料電池自動車の方がガソリン車よりも効率が悪くなるケースもありました。

——具体的にはどのようなケースですか。

近藤 具体的なことについては、いっしょに研究を行ってきたNIESポスドクフェローの工藤さんに説明してもらいます。

工藤 火力発電所の電力で水を電気分解して水素を作る方法ですと、普通のガソリン車よりも効率が悪くなることもあり得るという結果が出ています。たとえ燃料電池自動車といえども、適切な方法で水素を供給しないと全体のエネルギー効率は必ずしもよいとはいえないのです。

——先ほど、燃料電池自動車ではガソリン改質がもっとも効率が良いということでしたが、その理由は何ですか。

工藤 たとえば日本の場合、天然ガスは液化して運びますので、その時点で原油をほぼそのままの形



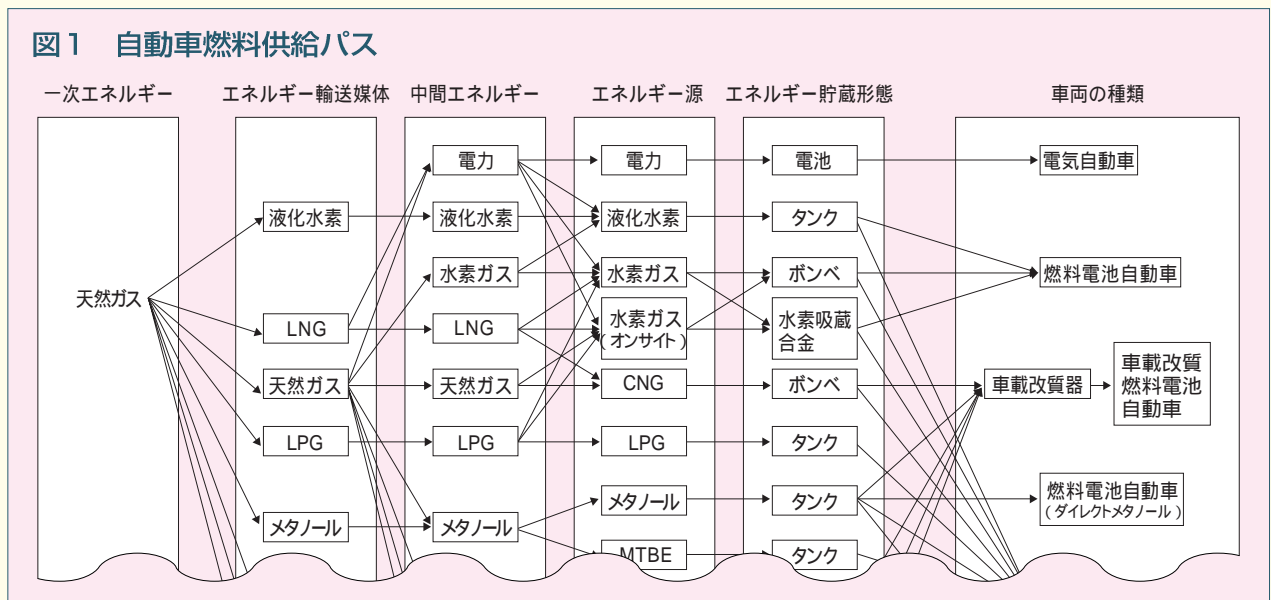
FM<sub>25</sub>-DEP研究プロジェクト交通公害防止研究チームの工藤祐揮さん

で運んでくるのに比べエネルギーが多く使われます。したがって燃料タンクまでの段階で、ガソリンの方が天然ガスよりもエネルギー効率がよいわけです。さらに天然ガスはタンクに詰め込む段階で高圧にするなどエネルギーがさらに必要です。

——研究では、自動車燃料だけを純粋に比較するためWell-to-wheelと合わせてWell-to-tank（一次燃料の採掘から自動車の燃料タンクまでのエネルギー効率。自動車の走行時を考慮しない）の分析も行っていきますね。

工藤 こちらはガソリンや軽油などの従来型の自動車燃料の効率高いです。天然ガスはパイプライン輸送できる地域では効率が高くなりますが、そうでない地域では輸送距離によって低下します。

——さまざまな面から検討すると、やはり現在主要な燃料であるガソリンや軽油の効率がよいですね。もっとも、主流なので効率が良いのは当たり前かもしれませんが。公平さを考えると、その辺の事情を勘案する必要があるかもしれませんね。







これまでエネルギー効率の話をお聞きしてきました。自動車による環境負荷といった場合はNOxなどの大気汚染物質や騒音なども含まれてきます。これらさまざまな環境負荷全体でみた自動車の環境影響を評価する手法が必要だと思われます。

工藤 そうですね。大気汚染物質についてはデータが十分になかったため分析の対象にはしませんでした。今回の研究で使った解析ツールはエネルギー効率や温室効果ガス排出量のほかに大気汚染物質の評価にも対応できる枠組みになっています。——それはぜひ評価していただきたいと思います。全体として私たちが選ぶ乗り物は何がよいのかを考えるためにも結果が知りたいですね。

## ●持続可能な交通の実現に向けて

——今回は現在の交通の主役である自動車を中心に話をお聞きしてきましたが、最後に「持続可能な交通」、いわゆる交通全体で環境負荷を少なくしていこ

うという視点からのお考えをお願いします。

近藤 いまは自家用自動車の利用が突出しています。日本は先進国の中では自動車を持つためには圧倒的に経費がかかるシステムになっています。車検制度、駐車場、税金……。それでも多くの人が自動車を持っています。かなり一面的な見方ですが、つまり、利用者にとって自動車は、とても魅力的な乗り物なのかもしれません。自動車の利用を制限し便利度を下げるのも一つの考えですが、それよりも利用用途別に乗り物を選び、バスや電車さらには電気自動車や自転車も自動車に負けない魅力のあるものにするのが近道かなと思います。

——これまで自動車が交通の主役でしたから、道路環境も既存の自動車に便利ようにならざるを得なくなりました。「持続可能な交通」という視点から交通問題を考えればインフラも含めまちづくりからデザインする必要がありますね。今日はありがとうございました。

## コラム 「持続可能な交通」

“持続可能な交通”とはOECD(経済協力開発機構)が提案した「交通による環境負荷を低減するための新たな政策ビジョン」のことです。排ガスや燃費の抑制など既存の取り組みだけでは、地球規模での環境負荷の増大を抑えることができないとの認識から、交通体系そのものにメスを入れ、自動車に過度に依存しない社会への変革をめざしています。

このプロジェクトは、「EST: Environmentally Sustainable Transport (環境に配慮した持続可能な交通)プロジェクト」と呼ばれ、1994年にOECD環境政策委員会の中に設置されました。同プロジェクトでは、9つの加盟国などで6つのケーススタディを行いながら段階的に調査・検討を行い、1998年にはガイドラインを取りまとめました。

ガイドラインでは、以下の6つの項目について25～35年先までに達成する目標を設定しました。

- ① CO<sub>2</sub>=1990年レベルの20%以下にする
- ② NOx=1990年レベルの10%以下にする
- ③ VOC=1990年レベルの10%以下(とくに毒性の強い物質についてはさらに削減を進める)にする
- ④ PM=地域の状況に応じ1990年レベルに対し55～99%削減する
- ⑤ 騒音=地域の状況に応じ、日中の騒音は最大でも55デシベル以下、夜間・戸外で45デシベル以下にする
- ⑥ 土地利用=交通インフラに使用される土地利用の割

合を1990年レベルに比べて小さくする

このガイドラインは2001年の環境大臣会合で了承され、OECDは加盟国に対してその実施に向けて取組みを開始するよう求めました。

こうした流れを受けて欧州では、公共交通機関の利用を促進するためのインフラやシステムの整備、自転車利用の優先政策の導入、特定地域に進入する車輻から料金を徴収するロードプライシングによる流入規制、路面電車の導入活用、カーシェアリング(自動車の共同所有や利用)などの取組みが本格化しています。また経済成長が著しいアジアにおいてもその実現をめざそうと、2003年3月に国際会議が名古屋で開かれ、具体的な動きが始まりました(写真)。



# 電気自動車の開発と自動車の環境効率評価

## 1. 電気自動車の開発

大気汚染物質の排出がゼロでエネルギー効率に優れている電気自動車「ルシオール」を、民間企業13社と協力し1994年度から3年間かけて開発しました。それまでであった「遅い、重い、走らない」という電気自動車のマイナスイメージを払拭させるために「電気自動車とは何か」のコンセプトづくりから構築し、まったくのゼロから車体の開発に取り組みました。

### (1) 技術の特徴

従来の電気自動車と大きく異なる技術として、モータとブレーキ、減速ギア、ベアリングを一体化し、直接タイヤを駆動する「インホイールモータドライブシステム」を採用しました。これによりトランスミッションなどの伝達装置が不要になり、伝達効率が向上するとともに軽量化を実現しました。

電気自動車では重くてかさばる電池をどこに配置するかがポイントになります。ルシオールでは、アルミの押し出し成形技術を利用して電池の収納空間とシャーシ構造を兼用した「バッテリービルトイン式フレーム」を開発しました。この結果、電池を床下に搭載することが可能になり、室内空間が広がるだけでなく低重心化により運転時の安定性が増すことになりました。

こうした技術に加え、航続距離を確保するために電池を安定した均等な状態に保つための「バッテリーマネジメントシステム」や、走行時のエネルギーロスをできるだけ少なくするために空気抵抗の小さいボディを開発しました。

### (2) 性能

こうした独自開発の技術により、最高時速150km、0-400m加速17.9秒を実現することができ、従来の電気自動車のマイナスイメージを払拭しました。また1回の充電で走行できる距離は、時速40kmで走行した場合290km、時速80kmの場合140kmとなりました。

環境面での性能については、図2に示したように原油1ℓから得られる火力発電量に置き換えると、市街地(一般的に燃費を表わすのに使われる10・15モード)で1ℓ当たり50kmの距離を走行できます。これは同クラスのガソリン軽自動車に比べ3倍以上高いエネルギー効率に相当します。

## 2. 自動車の環境効率評価

### (1) 分析の概要

自動車の環境負荷を総合的に評価するには、自動車を直接利用する際の環境負荷に加え、利用するために必要な燃料の生産から供給までの、いわゆるエ

図2 ガソリン軽自動車と電気自動車ルシオールの効率の比較





エネルギーチェーンサイクル全体の環境負荷を評価することが必要になります。この評価手法はWell-to-wheel 分析と呼ばれ、自動車関連の研究分野ですでに数多くの評価事例が報告されています。研究では、この評価手法を用いて燃料と車輛の駆動方式ごとにエネルギー効率の評価を行いました。また地域によるエネルギー効率の違いを明らかにするため日本、北米、欧州の3地域別の評価も行いました。

最新の情報を文献などを基に集め、車輛の駆動方式ごとに利用可能なエネルギー源の種類とその生産・輸送プロセスについての関連図を作成しました。そして、一次エネルギーから車輛までのパスを「エネルギー輸送媒体」「中間エネルギー」「エネルギー源」「エネルギー貯蔵形態」に分類して設定しました(p8図1参照)。ここでは簡略化のため天然ガスだけを取り上げていますが、研究ではその他のエネルギーについても同様の作業を行っています。

続いて、これらのパスに含まれるエネルギー変換プロセスのエネルギー効率をデータベース化するとともに、このデータを扱いやすかつできるだけ簡単に解析できるようにするため、環境効率解析ツールを構築しました。

## (2) 分析結果(図3,4)

環境効率解析ツールを使ってWell-to-wheel 分析を行い、次のようなことがわかりました。なお分析

に当たっては、Well-to-tank 効率の評価も合わせて行いました。

Well-to-wheel 分析の結果についてみると、ガソリン改質型の燃料電池自動車とハイブリッド燃料電池自動車をもっとも高いエネルギー効率を期待できることがわかりました。これはガソリンのWell-to-tank までの効率の高さにTank-to-wheel 段階の効率の高さが加わった効果によるものです。

またTank-to-wheel 段階では、エネルギー効率が高い燃料電池自動車とハイブリッド燃料電池自動車も水素ガスを燃料にしたときに顕著のように、燃料によってはガソリン車やディーゼル車よりもエネルギー効率が低くなることわかりました。

図3 Well-to-tank 効率

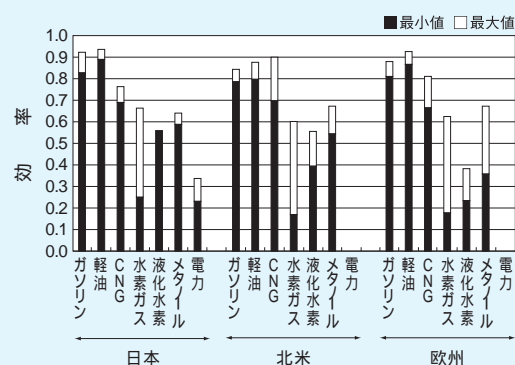
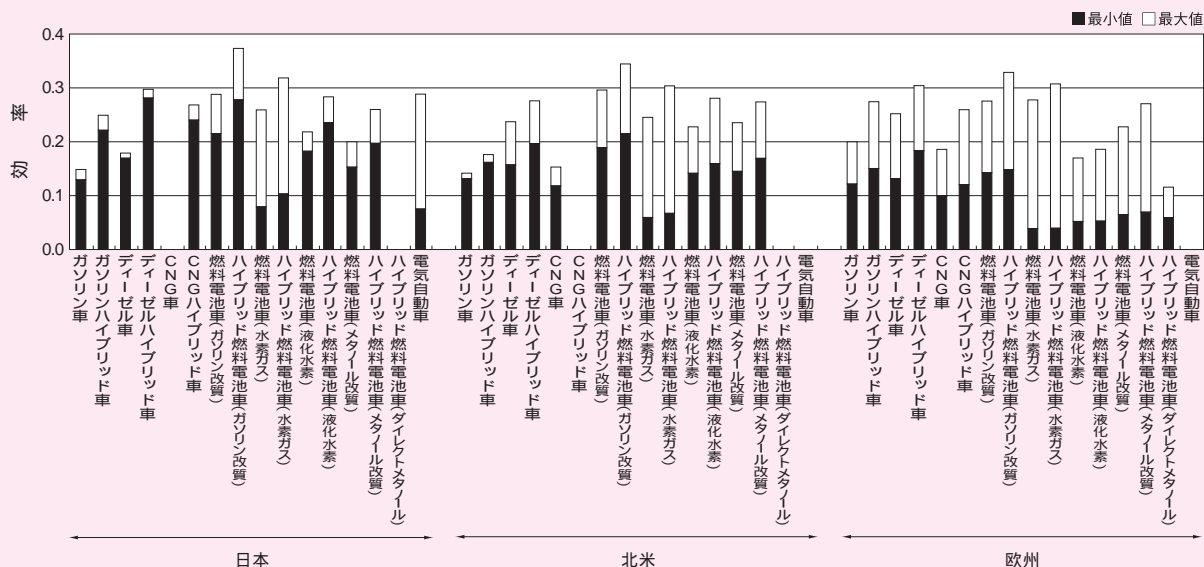


図4 日本、北米、欧州の3地域別の Well-to-wheel 効率



# 自動車の環境・エネルギー対策をめぐって

自動車によって私たちの生活が便利で快適になる一方で、環境汚染といったマイナス面もよりクローズアップされるようになりました。排ガス規制の強化とそれに伴う対策技術の進展にもかかわらず、都市部の沿道大気汚染は依然として深刻で、ぜんそくなど健康被害に苦しんでいる人はたくさんいます。また最近では、自動車を主な原因とする交通部門からのCO<sub>2</sub>排出量が年々増加していることが懸念されています。



## 日本では

自動車排ガスについては、昭和48年から逐次規制対象の追加や規制値の強化が行われてきました。現在は自動車から排出される窒素酸化物(NOx)、粒子状物質(PM)、炭化水素(HC)、一酸化炭素(CO)の4つの大気汚染物質が規制対象となっています。

最近の自動車排ガス規制については、平成8年に中央環境審議会(環境大臣の諮問機関)に「今後の自動車排出ガスの低減対策のあり方」について諮問が行われ、平成15年までに7回の答申が出され、現在も引き続き審議が行われています。

最近の主な答申の内容は以下の通りです。

### ① 第5次答申(平成14年4月)

- ディーゼル自動車の新長期目標として平成17年末までに、新短期規制(平成15~16年規制)に比べ、PMで50~85%、NOxでは41~50%削減
- ガソリン自動車の新長期目標として平成17年末までに、新短期規制(平成12年規制)に比べNOxで50~70%削減
- ガソリン中に含まれる硫黄分の許容限度値を平成16年度末までに現行の半分の50ppm以下に低減

### ② 第7次答申(平成15年7月)

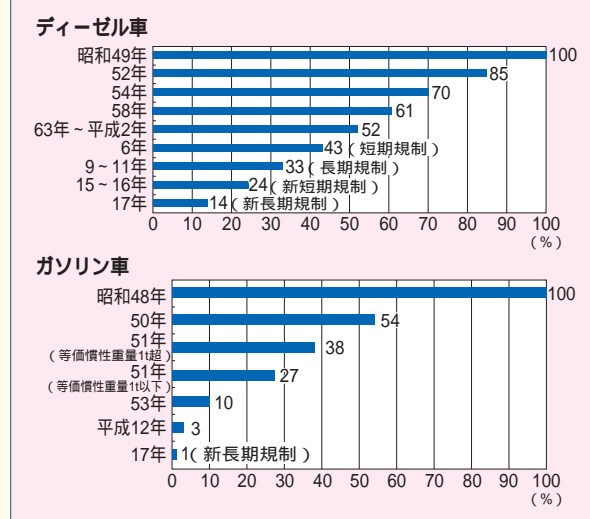
- ディーゼル自動車の新長期規制(平成17年規制)以降も更なる排ガス対策を実施していくために硫黄分10ppm以下の軽油を導入
- これらの答申におけるディーゼル車とガソリン車

のNOx規制の概要を図5に示しました。

こうした自動車単体の規制に加え、大都市部ではNOxとPMによる大気汚染対策として、平成13年6月に改正された「自動車NOx・PM法」に基づき、首都圏・阪神圏・中部圏の276市町村で総量削減対策が行われています。平成14年10月からは車種規制がスタートし、NOxとPMの排ガス基準に適合しない自動車は原則として使用できなくなりました。さらに平成15年10月からは、東京都および埼玉県、千葉県、神奈川県の1都3県でディーゼル車を対象にした国よりも厳しいPMの排出規制が始まりました。

一方、NOxやPMなどの大気汚染物質に比べ、地

図5 NOx規制の推移





球温暖化の原因物質である二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)については、現在排ガスとしての規制はありません。しかし「エネルギーの使用の合理化に関する法律」(省エネ法)に基づきトップランナー方式の燃費基準(燃費性能において現在最良の車以上の性能にする)が定められ、燃費を抑えることによってCO<sub>2</sub>排出量を削減する取組みが始まる予定です。

## 国立環境研究所では

国立環境研究所では、沿道や都市大気の大気汚染の原因物質であるNO<sub>x</sub>、CO、HC等のガス状物質やPMはもちろんのこと増加の一途をたどる傾向のCO<sub>2</sub>も含め、その排出実態の解明と排出削減をめざした研究に総合的に取り組んでいます。

温室効果ガスであるCO<sub>2</sub>は排出総量が、従来からのガス状物質やPMは排出量とともにどこで排出されたかが問題です。したがって、各々の状況に応じた望ましい技術改良や車種選択等の対策を取るために、自動車の利用状況とCO<sub>2</sub>排出量および汚染ガスの排出実態との関係を正確に把握することが必要になります。そこで実態に即したデータ収集方法の検討とデータの評価、排出実態の解明に関する研究を実施しています。

平成13年度から開始した「車載型機器による実走行時自動車排ガス計測・管理システムの実証」(平成13~15年)では、次のような研究を実施しています。

- ① 自動車に搭載可能な排ガスおよび粒子の計測装置(車載型計測システム)を用いた市街地実走行調査を行い、自動車の実際の走行状況に即した排ガス等を計測します。従来のシャシーダイナモメータ(自動車の走行を室内で再現させるための装置)で走行条件を再現した排ガス試験を実施し、それらの測定値を比較して車載型計測システムが十分な精度を持つことを検証しています。
- ② 自動車の使用実態に即したよりの確な自動車排ガス排出量の計測・管理手法の実用化をめざしています。
- ③ 自動車の走行動態を計測・記録する技術と排ガス計測技術を組み合わせ、走行動態と排ガス量の関係を詳細に解明することにより、局地汚染の発生機構の解明、地域の総排出量の推定、排ガス削減計画の立案、運輸事業者による排ガスの自主管

理、運転者への教育・啓発等に資する一連の車載型計測システムとデータ処理技術を実用化することをめざしています。

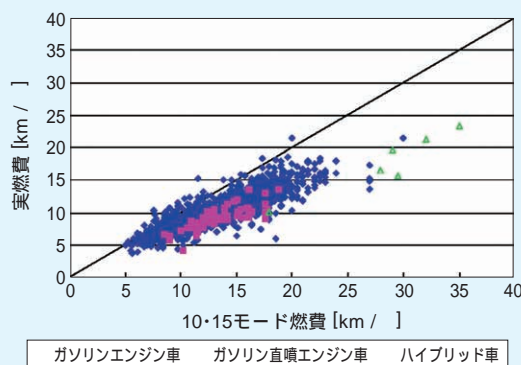
一方、自動車から排出されるCO<sub>2</sub>に関しては、「自動車CO<sub>2</sub>排出抑制対策のための実燃費データベースの構築」(平成14年)において、携帯電話端末により全国規模4万人の自動車ユーザーから収集された自己申告に基づく給油データを基に、階層構造型の自動車実燃費データベースを構築しました。これから、統計解析により乗用自動車について以下のような検証および評価を行っています。



車載型計測システム

- ① 自動車を所持している人の多くが経験的に感じているカタログ燃費(10・15モード燃費)と実使用時の燃費(実燃費)の違いを、型式や駆動方式、車輛重量など、それぞれの自動車の諸元ごとに検証します(図6)。
- ② 同じ自動車を使っているにもかかわらず、渋滞が多発する都市部と比較的交通が円滑な地域とでは燃費が異なってくることからわかるように、実燃費の地域(都道府県、市町村)による違いなどについて分析を行い、得られた実燃費の動向を基に自動車の燃費改善による自動車部門における地球温暖化防止対策の検討および評価を行っています。さらに、シャシーダイナモメータ設備を使った試験によって、運転の方法によって燃費がどれだけ変動するかの検討を実施し、同じ利用状況でありながらCO<sub>2</sub>排出の少ない運転方法の提案等をめざした研究を行っています。

図6 カタログ燃費と実使用時の燃費の比較



# 「持続可能な交通に関する研究」の全体構成

本研究は以下の4つの課題に沿って平成6～14年度にかけて実施されました。

## 課題1

### 環境保全に対応した陸上移動媒体(エコビークル)に関する基礎研究(平成6～8年度)

下記課題2と連携しつつ、新型電気自動車の5分の1のクレイモデルを製作、続いて実車ルシオールを試作、車体の性能評価と改良、専門家による試乗と評価を行いました。

## 課題2

### 地球温暖化対策技術の評価手法の開発および対策の総合評価に関する研究(平成6～8年度)

#### ●技術評価のためのライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量の分析に関する研究

ライフサイクル全般のCO<sub>2</sub>排出量に着目し、原材料や製品の生産に伴うCO<sub>2</sub>排出量の推計方法を開発し、排出原単位を整備するとともに、これを使った電気自動車とガソリン車の比較を行いました。

#### ●通勤型電気自動車分野の車輻の社会的受容性に関する研究

通勤型電気自動車について、約40名の専門家からなる検討会を設置し、その概念を構築、新たなアイデアの採用や開発、バッテリービルトイン式フレーム構造等について検討しました。

## 課題3

### 低環境負荷型都市交通手段に関する研究(平成9～11年度)

#### ●次世代型電気自動車の普及に当たっての問題点の解明とその対応策に関する研究

課題1で開発した電気自動車ルシオールの走行性能や居住性、快適性等に対するアンケート調査を国内外で実施、普及に当たって重視される車輻価格と性能に関するデータを集めました。

#### ●低環境負荷目標達成のための都市交通システムの再構築に関する研究

運輸交通分野でのCO<sub>2</sub>排出量の経年的傾向の分析と将来推計を行うとともに、EU諸国で行われている環境負荷削減施策に関する情報を収集し、日本の実情にあった交通や土地利用計画、財源、税制などを組み合わせた各種施策のパッケージを明らかにしました。

## 課題4

### 交通需要の地域特性に適合した運輸部門の環境効率向上策とその普及促進策に関する研究(平成12～14年度)

#### ●輸送機関の環境効率評価と需要に適合した普及促進策に関する研究

自動車を直接利用する際の環境負荷と、その利用のために必要なエネルギー資源の生産から供給までの環境負荷を合わせて評価するため、車輻の駆動方式とエネルギーの種類およびその生産・輸送プロセスについての関連図を作成し、それを基に Well-to-wheel 分析という手法で評価を行いました。

課題1は平成6～8年度科学技術振興調整費による省際基礎研究として、課題2～4は平成6～14年度地球環境研究総合推進費研究として、以下の組織・スタッフ(当時)により実施されました。

#### <研究担当者>

##### ●課題1～3

##### 地域環境研究グループ

清水 浩(現在慶応義塾大学)、森口 祐一、近藤 美則

##### 社会環境システム部

乙間 未広(現在北九州市立大学)、森 保文

##### ●課題4

##### PM<sub>2.5</sub>・DEP研究プロジェクト

近藤 美則、松橋 啓介、工藤 祐揮

##### 社会環境システム研究領域

森口 祐一

#### <研究協力者>

永田 勝也(早稲田大学)

外岡 豊(埼玉大学)

宮崎 武(電気通信大学)

藤岡 健彦(東京大学)

堀 洋一(東京大学)

藤中 正治(東京電気大学)

六川 修一(東京大学)

林 良嗣(名古屋大学)

加藤 博和(名古屋大学)

藤井 美文(文教大学)

飯倉 善和(岩手大学)

氏家 康成(日本大学)

河野 通方(東京大学)

浅井 和弘(東北工業大学)

石谷 久(東京大学)

佐藤 成生(システム総合研究所)

中村 英樹(名古屋大学)

## 環境儀既刊の紹介

- NO.1 環境中の「ホルモン様化学物質」の生殖・発生影響に関する研究  
(2001年7月)
- NO.2 地球温暖化の影響と対策-AIM: アジア太平洋地域における温暖化対策統合評価モデル  
(2001年10月)
- NO.3 干潟・浅海域-生物による水質浄化に関する研究  
(2002年1月)
- NO.4 熱帯林-持続可能な森林管理をめざして  
(2002年4月)
- NO.5 VOC - 揮発性有機化合物による都市大気汚染  
(2002年7月)
- NO.6 海の呼吸 - 北太平洋海洋表層のCO<sub>2</sub>吸収に関する研究  
(2002年10月)
- NO.7 バイオ・エコエンジニアリング-開発途上国の水環境改善をめざして  
(2003年1月)
- NO.8 黄砂研究最前線-科学的観測手法で黄砂の流れを遡る  
(2003年4月)
- NO.9 湖沼のエコシステム-持続可能な利用と保全をめざして  
(2003年7月)
- NO.10 オゾン層変動の機構解明-宇宙から探る 地球の大気を探る  
(2003年10月)

## 『環境儀』

地球儀が地球上の自分の位置を知るための道具であるように『環境儀』という命名には、われわれを取り巻く多様な環境問題の中で、われわれは今どこに位置するのか、どこに向かおうとしているのか、それを明確に指し示すしるべとしたいという意図が込められています。『環境儀』に正確な地図・航路を書き込んでいくことが、環境研究に携わるものの任務であると考えています。

2001年7月

理事長 合志 陽一

(環境儀第1号「発刊に当たって」より抜粋)

## 環境儀 No.11

— 国立環境研究所の研究情報誌 —

2004年1月31日発行

編集 国立環境研究所編集委員会

(担当WG: 須賀 伸介, 近藤 美則, 工藤 祐揮, 鈴木 規之, 青木 康展,  
清水 英幸, 松本 公男)

発行 独立行政法人 国立環境研究所

〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2

問合せ先 (出版物の入手) 国立環境研究所 情報企画室 029(850)2343

(出版物の内容) " 企画・広報室 029(850)2310

環境儀は国立環境研究所のホームページでもご覧になれます。

編集協力 (社)国際環境研究協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-1-13



このロゴマークは国立環境研究所の英語文字N.I.E.Sで構成されています。N=波(大気と水)、I=木(生命)、E・Sで構成される地球(世界)を表現しています。ロゴマーク全体が風を切って左側に進む動きは、研究所の躍動性・進歩・向上・発展を表現しています。



本誌は再生紙を使用しております