

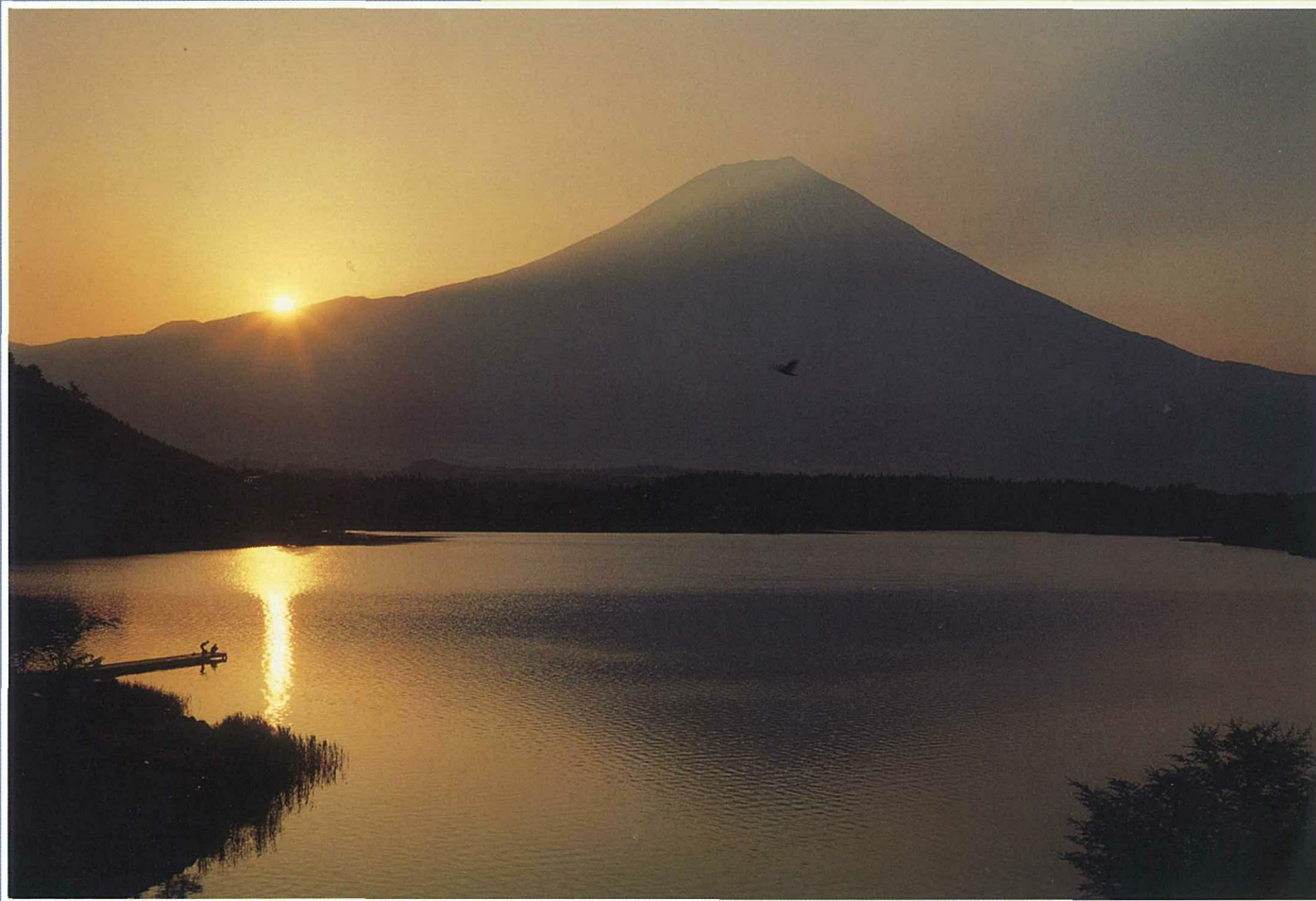
Readout

HORIBA Technical Reports

創立40周年記念号

自動車をはかる

January 1993 ■ No.6



HORIBA

○誌名について

誌名“Readout”（リーダウト）には、「当社が創造・育成した技術を、広く世にお知らせし、多くの皆様に読み取っていただきたい」という願いが込められています。

○表紙写真

撮影：松井秀雄氏(二科会写真部関西支部所属)
山麓を薄く染めていく陽光が澄みきった大気のうちに新しい時を告げます。

- 巻頭言 トータルな計測を目指して 堀場 厚———3
- 創立40周年記念座談会 —自動車排出ガスと計測技術の今後—
斎藤 孟・松本 清・中島 泰夫・大浦 政弘・石田 耕三———4
- 特別寄稿 低エミッションエンジンの展望 池上 詢———12
- 特集寄稿 メタノールエンジン最近の動向 堀 政彦———17
- 水素ロータリエンジンの開発 寺本 隆文———22
- 日本における天然ガス自動車の開発状況 中川 二三雄———27
- 電気自動車の開発 北村 晏———32
-
- 特集論文 フーリエ変換赤外分光法を用いた自動車排出ガス分析
加地 浩成・山岸 豊———38
- 自動車計測関連製品の現状と課題 上坂 博二———44
- Current Status of Automobile Analysis in the USA R. Neal Harvey———49
- 低濃度測定用自動車排出ガス分析装置 武田 賢二———55
- シャシダイナモメータ上における自動運転装置 野口 進治・河原林 成行———62
- トランジェント運転に対応する自動エンジン計測システム
三輪 清和・木村 信治———67
- 蒸散ガス測定設備 SHED システム 大橋 秀樹———73
- 48インチシングルローラ・シャシダイナモメータ 毛野 克彦・宮川 久志———79
-
- 特別寄稿 先端技術と土着技術 飯田 賢———86
- 創立40周年記念総説 —堀場製作所40年間の製品と技術— 大志万 繼影———91
- 創立40周年記念放談会 —中堅ホリバリアンたちが語る技術・製品開発—
青山 剛士・足立 正之・井内 穰・内原 博・
北村 裕之・斉藤 壽一・真鍋 清隆・森 健———99
-
- 施設紹介 ホリバ分析センター 小倉 淑子———107
- ◇一口メモ 半導体中の不純物を容量過渡法で測定する 小島 裕子———110
- ◇知有権メモ ———111
- ◇社外技術発表ダイジェスト ———113
- ◇社外技術発表リスト(1992年5月~1992年10月) ———114
- ◇バックナンバー掲載記事 ———116

□ Foreword	Aiming at Total Measurement Atsushi Horiba—————3
■ Symposium	Future of Automotive Emission and Measurement Technology Takeshi Saito, Kiyoshi Matsumoto, Yasuo Nakajima, Masahiro Oura, Kozo Ishida—————4
□ Guest Forum	Outlook on Low-Emission Vehicular Engines Makoto Ikegami—————12 Trends in Development of Methanol Engines Masahiko Hori—————17 Development of Hydrogen Rotary Engine Takafumi Teramoto—————22 Japanese Activities in the Development of Natural Gas Vehicles Fumio Nakagawa—————27 Development of Electric Vehicles Yasuichi Kitamura—————32
.....	
● Feature Articles	Automotive Emission Analysis Using FTIR Hironari Kachi, Yutaka Yamagishi—————38 Automotive Analysis Instruments : State of the Art and Future Challenges Hiroji Kohsaka—————44 Current Status of Automobile Analysis in the USA R, Neal Harvey—————49 Automotive Emission Analyzer for Measuring Low Concentrations Kenji Takeda—————55 Automatic Driving System on Chassis Dynamometer Shinji Noguchi, Shigeyuki Kawarabayashi—————62 Model HERT-380 Engine Performance Test System Kiyokazu Miwa, Shinji Kimura—————67 Sealed Housing for Evaporative Determination Hideki Ohashi—————73 48" Single-Roller Chassis Dynamometer Katsuhiko Keno, Hisashi Miyagawa—————79
.....	
□ Guest Forum	Modern Technology and Traditional Technologies Kenichi Iida—————86
■ Horiba's History	40 Years of Horiba Products and Technology Tsugukage Ohshiman—————91
■ Free talking	Technology and Development of New Products -Free talking by HORIBA Younger Staff - Takeshi Aoyama, Masayuki Adachi, Yutaka Iuchi, Hiroshi Uchihara, Hiroyuki Kitamura, Juichi Saito, Kiyotaka Manabe, Takeshi Mori—————99
.....	
● New Facility	The Horiba Application Center Yoshiko Ogura—————107
◇ Short Note	Using the Capacitance Transient Method to Measure Impurities in Semiconductors Hiroko Obatake—————110
◇ Patents	—————111
◇ Technical Reports Digest	—————113
◇ Technical Reports List	—————114
◇ Articles List of Readout No. 4 and 5	—————116

巻頭言

Foreword

トータルな計測を目指して Aiming at Total Measurement

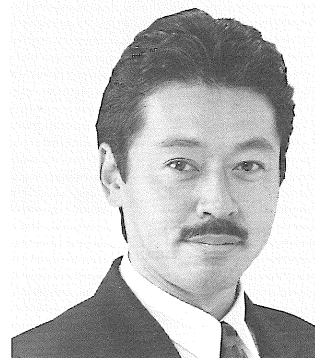
かつて計測機器メーカーは一様にハード開発指向、いわゆる技術オリエンテッドであった。測定方法の開発と追及が主目的で、アプリケーションはある意味でユーザー任せであった。逆説的には、ユーザーの優れた知識と応用技術、あるいは飽くなき探求心に支えられて計測機器業界は進歩し続けてきた。ところが最近、状況は変わりつつある。測定という行為や、その方法に関心をもつユーザーが減り、むしろ計測器を一つのブラック・ボックスと見なす研究者が増えてきた。まず何を測りたいか、更にそれをどのくらいの精度で測りたいかが重要なのであって、どのような原理で測るかはそれほど重要でなくなってきた。メーカーは従来のような、測定原理をベースとする商品展開ではユーザー・ニーズへの対応が十分でなくなり、アプリケーション別のグループ編成の必要に迫られている。

それは同時にメーカーの守備範囲が拡大する事を意味する。つまり、一つのアプリケーションに対して、あらゆる原理の測定器をラインアップしなければならないからである。一方、アプリケーションを限定する事により、簡単な操作で正確な測定データが得られるようになってきた。これに合わせてアプリケーション別のコスト・パフォーマンスの良い機器のニーズも増加してきた。測定原理やサンプル条件について広範な知識が必要な汎用製品から、安価で専門化・特定化された小型製品へという傾向は今後も続くであろう。とくに、ここ数年著しい高性能化と低価格化を遂げたパソコンの普及により、小型の分析機器の中には、数年前の何分の一の価格という商品も珍しくない。そして、その操作性やアプリケーション能力は、以前の高級機種よりも数段勝っているのである。

このようなデータ処理も含め、微量で高精度の測定を行うには、測定に関するあらゆる付属機器や設備についても、正しく測定するという立場での展開、あるいは保証のできる体制が、今後一層必要になってくる。分析計だけの精度をいかに向上しても、自ずとその結果には限界があるからである。サンプリングから装置の設置環境に至るまで、測定という流れの源泉から最終データに到達するまで、トータル的にシステムテックに対応していかなければならない。わが社が最近「ACTIVE ZONE 21」という研究開発棟を新設し、シャシ/エンジン・ダイナモメータまで完備した実験室で自動車計測テストを重ねているのは、ユーザー・ニーズにシステムテックに即応するためである。

理化学機器に関しても、ユーザーの生きた声を通じて真のニーズを把握するために、分析センターの強化を推進している。単に製品を提供するだけでなく、その製品を使って何をどのような状態で測ればニーズに対応できるか、という計測技術を高める事も、近年極めて大切である。

ハード、アプリケーション、オペレーション、およびノウハウのそれぞれの技術を、バランス良くコーディネートした商品を開発していく事が、今後最も重要だと考える。



代表取締役社長

堀場 厚

Atsushi Horiba

President

自動車排出ガスと計測技術の今後

Future of Automotive Emission and Measurement Technology

地球環境問題がクローズアップされ、米国カリフォルニア州のゼロエミッション・カー構想や、国内におけるディーゼル車規制の強化など、自動車をめぐる社会環境も大きく動きつつある今こそ、一層確かな将来への見通しが求められている。そこで、ホリバ創立40周年を迎えるにあたり、「自動車排出ガスと計測技術の今後」と題して、内燃機関研究の世界的権威であり排出ガス規制の法制面でも活躍されておられる齋藤孟早稲田大学理工学部教授、トヨタ自動車でも永年にわたり数々の優秀な車を世に送り出してこられた松本清豊田中央研究所常勤監査役、そして総合研究所長としてエクセレント・カー開発の陣頭指揮をとっておられる中島泰夫日産自動車取締役のお三方にお集まりいただき、当社の副会長大浦政弘を交えて座談会を行い、これからの自動車技術の方向性と分析機器の課題などについて貴重なご意見を頂戴した。

出席者（敬称略）

齋藤 孟	早稲田大学理工学部 教授
松本 清	株式会社豊田中央研究所 常勤監査役（元トヨタ自動車株式会社副社長，前株式会社豊田中央研究所社長）
中島 泰夫	日産自動車株式会社 取締役総合研究所長
大浦 政弘	株式会社堀場製作所 代表取締役副会長
（司会）	
石田 耕三	株式会社堀場製作所 常務取締役

開催日 平成4年12月4日
開催場所 株式会社堀場製作所本社

悪戦苦闘の連続だった排出ガス対策

司会 本日はお忙しい中ありがとうございます。ではまず最初に、温故知新と申しますか、皆様方のご苦労などからお伺いできればと思います。



齋藤先生、昭和40年前後から53年規制へ、そして今日まで、研究面、法制面、社会環境面など、大変なご苦労だったかと存じますが、まずその辺りからお願いします。

齋藤 昭和36年頃東京の大気汚染がひどくなり、東京都が自動車技術会にその問題を持ち込みました。当時、私が一酸化炭素対策の研究をやっていた関係で、東京都と一緒にCOをどうやって減らすかに取り組みました。それが私が排出ガスの対策に本格的に手を染める始まりでした。分析計はまだガスクロでした。ガスクロだって少ない時代でしたが、これを使って測定していろいろ対策を考えたわけです。

そうこうするうちに、41年に運輸省がCOの排出濃度を3%に抑えるとしたわけです。これが排出ガス規制の一番最初ですね。アイドリング調整による対策が始まり、規制値も3%から2.5%に下がり、さらにHC、NOx規制へと続きました。その途中で、実際に走っている車の排出ガス対策をしようと、例の点火時期を遅らせる、いわゆる使用過程車対策を始めたのが昭和48年のことです。

それより前、昭和46年に環境庁が発足し、中央公害対策審議会が規制の審議を行うようになり、最終的にはマスキー法による規制に移るわけです。環境庁が技術的に可能かどうかを検討せずにマスキー法による規制の数値を国内にそのまま取り入れたものですから、それができるとかできないとかいう騒ぎになりましたね。(笑い)それで環境庁から技術的に検討するための検討会ができ、それに引っ張り出されたわけです。

司会 本格的な規制は、やはり53年規制と言えるんですね？

齋藤 ええ、53年規制です。元来は51年でしたがNOxだけ2年延びたわけです。しかし、53年にやると決めたのではなく、53年にやろうと思うが、やれるかやれないかわからない。それであの検討委員会ができたんです、いろいろやったけれど、自動車メーカーの皆さんが結構頑張ってくれて53年にできたわけです。(笑い)担当者は大変つらかったと思います。でも、やって頂きましてこちらとしては大変助かりました。世界に先駆けてやったということが大きかったんじゃないですかね。

司会 そのあたり、自動車メーカーさんのご苦労話をひとつ・・・

松本 45年の運輸審議会ですかね50年、51年の排出ガス対策長期基本計画の答申を出したのは。マスキー法も確かその年の暮れに出たんですね。あの頃どういう答申を出すのかということで、随分引っ張り出されて、運輸省の方と一緒にやってやったことを覚えています。もっとも、それで自分で自分の首を絞めたんですけどね。(笑い)先生がおっしゃったように、50年規制はそれぞれの会社がそれぞれに対策して何とかあったんですが、51年のNOxだけはあの当時実現できるとは思わなかったですね。「あれだけNOx規制したらタクシーなんか走れんようになっちゃうよ！」なんてことを社内でも言ってましたよ。

それがうまく三元触媒と酸素センサーで乗り切れるとわかったのは50年規制対策に取り組んでいる時でした。50年規制では、車種が多いので、いろんな車種にアプライするのにもものすごく時間がかかって遅れたんですよ。社内よりむしろ社外から非難ごうごうでした。販売店も騒ぎましたね。

そんな中、51年規制合格車を他社より早く出せ、クラウンの切替に間に合わせろという話になりましたね。そんなことはできっこないと言ったんですが、とにかく四面楚歌ですから、やらざるを得なかった。結局、よい酸素センサーが



齋藤 孟 氏

年 月	記 事
41. 9	CO 排出ガス濃度 3% (4 モード) に規制
41. 9	CO 排出ガス規制 2.5% に強化
45. 7	運輸技術審議会 48、50 年規制を答申
45. 8	アイドリング CO 4.5% (新車)、5.5% (使用過程車) 規制
45. 9	プロパンガス還元装置義務付け
46. 7	環境庁発足
46. 9	中央公害対策審議会自動車排出ガス許容限度の長期的設定の審議開始
47. 7	燃料蒸発ガス規制施行。ディーゼル車の排気煙規制施行
47. 10	中央公害対策審議会自動車排出ガス許容限度 (50、51 年規制) を答申
47. 12	48 年規制告示、10 モード重量規制決定
48. 4	本格的排出ガス (CO、HC、NOx) 規制 (48 年) 施行開始
48. 5	使用過程車の排出ガス減少装置または点火時期調整装置義務付け
49. 1	50 年規制告示、11 モードコールドサイクル規制施行
49. 9	ディーゼル車の排気ガス規制施行
49. 12	51 年規制の 2 年延期、暫定規制を決定
50. 1	使用過程車のアイドリング HC 規制
50. 2	51 年規制告示、無鉛ガソリンの販売開始
50. 4	NOx 低減技術検討会設立、51 年規制施行
51. 10	検討会最終報告書完成
51. 12	53 年規制告示

わが国における乗用車排出ガス規制の経緯
(日本機械学会誌 1985年4月号 齋藤孟著「自動車排気対策技術」より転載)
Changes in automotive emission regulations in Japan

でき、1年早く52年9月に出すことができました。ところが、出したら出したで、今度はできるのにできないなんて、出し惜しみじゃなかったかと言われ困ったことを覚えています。



松本 清氏

中島 私のところでは、米国の68年規制に対する取り組みとして、昭和47年4月に「4チーム」というのをスタートさせましたが、私もそのチームの一人に選ばれました。チーム全員が集められて、一番最初にホリバさんの分析計の前で、CO、HCとCO₂のチャートを見せられましたが、なんだこれはという感じでした。(笑い) それまで見たこともなかったわけですからね。あのチャートから、ということが起きているんだろうと解釈するのが結構大変でした。

もう一つビックリしたのは、ホリバさんがもってくる標準ガスとガス屋さんももってくる標準ガスが同じキャリブレーションカーブに乗らないことでした。色々調べたがどうも要領を得ない、それじゃアメリカで使ってる標準ガスを手に入れてやろうって、小さなボンベ積めを空輸で購入したことを思い出しますね。それにしても標準がないのには本当にビックリしましたね。(笑い)

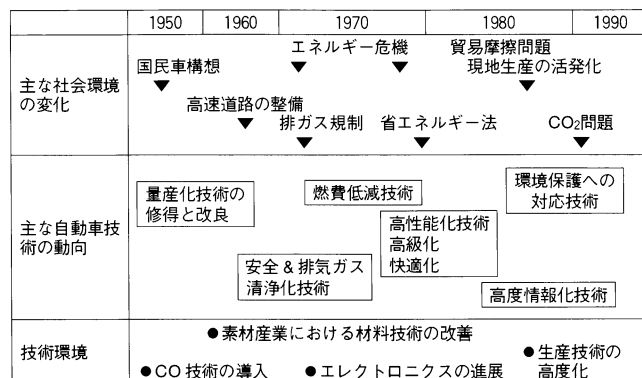
大浦 私らが自動車排出ガスをやりはじめた頃は、応答の早いガス分析計はなかったんです。医学用のガス分析計の応答速度が一番早かったので、それで試しました。ところが、医学用は非常にきれいな所で使うわけで、それをエンジンの側に持って行ったものだから、ノイズがガーッと出ましてね、とっても測れるもんじゃない。(笑い)

そこで、工業用分析計の応答速度を早くして自動車排出ガス分析計を何とか作ったんですが、当時我々分析計屋には hidrocarbon をノルマルヘキサンで代表させて測るという発想がなく、しかもノルマルヘキサンで校正せずにプロパンで校正したんだから、合うはずがないですよ。(笑い)

いろいろご迷惑をおかけしたのはこのあたりだったと思います。とにかくも、なんとか排出ガス計測が市民権を得たのは始めてから10年ぐらい経ってからはないかと思えます。

司会 ホリバがケミルミ(化学発光 NO_x 計)や FID(水素炎イオン化 HC 計)などハードを拡大して行ったのはちょうどこの頃でした。

中島 NO_x ではだいぶ苦労させられました。最初は NDIR(非分散形赤外線ガス分析)、次は UV(紫外線吸収)そしてケミルミと、とにかくいろいろ作って試しました。CVS(定容量サンプリング)による質量計測もあって、排気対策をはじめ、10年くらいで検出限界を3桁くらい下げてるんですね、凄い進歩、ホリバさんも大変ご苦労されたんだろうなと思えますね。



日本の自動車技術の歴史
 (日本機械学会誌 1990年10月号 中島泰夫著「人間と自動車」より転載)
 History of car technology in Japan

大浦 分析計が大きく進歩したのは、もう一つ、生産や品質管理の現場に使っていただいたことですね。自動車メーカーさんには昼夜を問わずよくもんでもらいました。(笑い) ホリバが何とか世界に出られ、分析計単体から計測システムへと展開できるようになったのもこのおかげです。

松本 技術は現場でもまれて初めて一人前になる、そのものですね。

燃費と排出ガスのトレードオフ

司会 排出ガス対策を考えると燃費とのバランスをどうとるのが大きな問題になるかと思います。とくに、排出ガス対策が一つの山を越した1970年代の後半以降、燃費と排出ガスのトレードオフをどう乗り越えるのかの研究開発が進んでいるように思います。次にこの点についてお話をお聞きしたいのですが。

齋藤 エンジン開発面から言えば、一つはリーンバーン(希薄混合気燃焼)ですね。どうしても三元触媒を使うと燃費が悪くなりますから、リーンバーンでCO、HC、NOxの3つを同時に減らし、その代わり燃焼を早くして燃費を稼ごうという研究が多くなっていますね。オイルショックを契機に、とくに昭和60年の燃費規制で一層この傾向は強まっています。

松本 エンジンの研究開発はそれぞれの時代をよく反映していますね。排気対策をやる前は馬力の競争でね、とにかく空気と燃料をたくさん入れてやる、もの凄くきたないエンジンでした。ですから、規制に入ったときは、まず、よく燃えるエンジンに戻さなければだめだと痛感しました。

最近のリーンバーンはエレクトロニクスの成果だろうと思います。結局、どのくらいうまくセンサーで空燃比を見つけるかということだけですからね。

中島 排気対策をやることによってエンジンというものがわかってきたというのが本音ですね。最近、燃費の話といっても、ある意味では全部測れるわけで、いま何が起きており、どうすれば良いかもわかるようになった。そういう意味で日本のエンジンの強さが出て来たんじゃないでしょうかね。

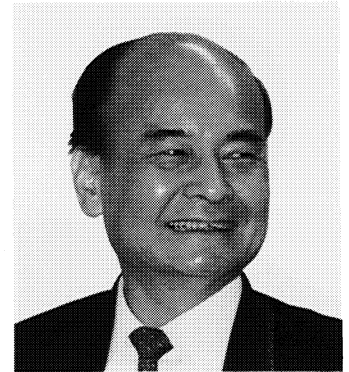
大浦 そうですね。我々分析屋から見ておりましたが、昔のエンジン研究はサイズとか構造が主流であって、熱力学量をザクッと大ざっぱに掴んで論じられていたような気がします。それが、最近では、爆発反応を化学的に解析し、最終的には1回1回の爆発を追っかけ、制御するようになるんじゃないかとも思っています。

司会 ホリバが最近開発しました高速分析計(MEXA-FRシリーズ)などは、まさしくこのようなニーズからですね。

松本 だけど、僕はねエンジンというのはいくら研究してもわからんぞっていう思いです。燃焼がこうだとか、気流の動きがこうだとかは分かったかもしれんけど、じゃあ、どういう燃焼室にしろなんてのはなかなか出てこないんですね。結局のところ、例えば馬力を出せとかいう世の中のニーズが高まって、とにかく作って、調べて、ああなるほどなあとな納得する。だまって研究だけしては駄目だと思います。

齋藤 最近ではスーパーコンピュータで、気流の動きだとか火炎の伝播なんかはかなりのレベルまでシミュレートできるようになってきています。もっとも、最後は実証しなきゃ駄目なんです。

中島 最近非常に面白いなあと思ってるのは、馬力を出すために4バルブにすることによってプラグがまん中にきて、火炎の伝播が短くなり、その結果と



中島泰夫 氏

して燃焼が良くなり、リーンバーンで燃費も良くなる。いろんなことが相互に絡み合って進んでいるんですね。技術ってそういうふうに変面白いところがあります。

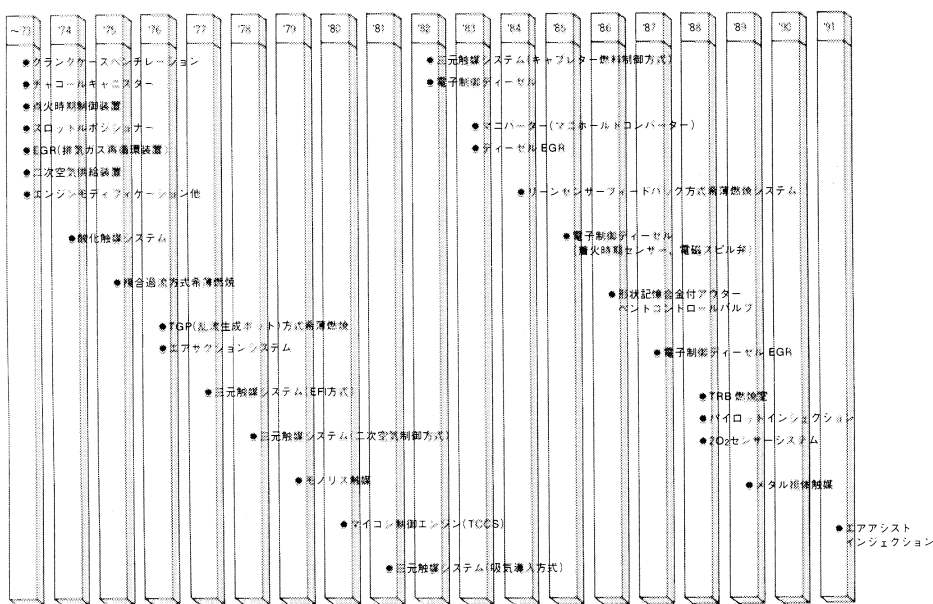


大浦政弘

松本 そうですね、経験と技術があいまって進んでいますよね。見てきたような嘘をつけるようになってきましたね。(笑い) いずれにしろ、ニーズが技術の発展のモチベーションになることは間違いありませんよ。

斎藤 ディーゼルも今までガソリンで開発されてきたような技術を段々取り入れるようになってきましたね。4バルブはまだこれからでしょうが、インジェクタを中心に付けられるのが良いんじゃないですか。横からじゃ左右対称にならないんでね。

中島 私は、ディーゼルは直噴が主流になるんじゃないか、結局、長い目で見ていいものが残って行くのだろうと考えています。



排出ガス対策技術の導入経過
(トヨタ自動車発行「自動車と環境」より転載)
Development and use of automotive emission control technology

環境問題と自動車の明日

司会 近年、地球環境の保護について様々な観点から論議されておりますが、将来のクルマと環境、あるいは人との調和のなかで、クルマというのがどういふふうに対応していくのかというような点、それからホリバは、ゼロエミッションになりますと、もういいよと言われるんじゃないか。(笑い) なんて懸念もありますので、そのあたりでご意見をお聞かせください。

大浦 単純な質問なんですけど、ULEV(超低排出ガス車)は可能なんですか? 私なんかは、なにか芸術品のような感じを受けますけど・・・

中島 本当にもしそういうクルマができたとしても、非常に高いものですね、実際のところ環境はよくなるんじゃないかと思えますね。そうになったら、消費者は今の車をずっと使おうと思うし、また少し古くなったら隣の州にいった中古車を買ってくりゃいいと、そういう風になりかねませんよ。だから、あるリーズナブルな価格で供給できるということが重要で、環境をよくしていくためにはいろんな断面からの取り組みが必要だと思います。

大浦 CARB(カルフォルニア)の規制は、二千何十年までに、ここまで減らさないと危険だ、との発想からでたもので、よその州で買ってきたらなんにもなりませんね。

中島 そうですよ。結局、高ければそうなっちゃうんですよ。安いLEVをいっぱい供給する方が現実的で、結果として環境にやさしくなる。この方がより大切なんではないでしょうか。

斎藤 それこそ総量規制ですね。(笑い) クルマってのは個人がユーザーですからね、経済的になりたなければ絶対成立しないんですよ。値段は高いし、しかも性能も悪いというのではね、絶対買ってくれないですよ。そうになると、そういうのを任せようとするれば法的規制しかないわけですよ。

松本 古い、排出量の多い車を、より少ないものに早く置き換えて行くことに注力することが重要だと思いますね。電気自動車を少々入れても、全体に及ぼす効果は小さいですからね。

中島 電気自動車も使い方によってはいい面もあるんですが、ただその場合に、今の自動車の代替だとあまり思っちゃうと、それは無理ですよ。

斎藤 交通や物流システムの見直し、整備も大きな問題です。交通渋滞の解消などその最たるものでしょう。税金や規制が関連してきますが、



石田耕三

これからの分析機器に求めるもの

司会 だいぶ時間が経過してまいりまして、将来のクルマの方向性を議論いただきましたが、ここで、今後の分析機器へのご注文とか示唆などお聞かせいただければと思いますが。

中島 わがままから言わせてもらえばですね、メンテナンスの要らない排出ガス分析器が欲しいですね。我々が実験に使っているダイナモで排出ガス分析器がないものはありません。実際は、エンジンベンチなんか、昔僕らが入った頃は3人くらいで動かしてたのが、今はほとんど1人で動かしているわけです。そうすると、測定やメンテナンスに人手がいらなくなりますがまず必要です。その点、スパンガスを使って校正するのは非常に面倒臭いんですね。難しいことかも知れませんがなんとかならないでしょうか。

それから、今、HC、HCということで一生懸命分析をやっているわけですけど、もうちょっとグループの単位でもいいから、簡単に連続で見れないかと、それも安く見れないかというのがありますね。というのは、どうも次にくるのは光化学スモッグというのではなくて、ハイドロカーボンそのものの人体影響がかわれる方向になるのではないかと思うんですよ。

大浦 それこそ光化学活性度みたいなものをスパッと測れるものもいいなと思ってはいるのですが、将来の一つのテーマになるんでしょうね。

スパンガスの件ですが、分析計内部で校正作業を自動的にしていく方向と、FTIRのようにそれぞれのガスに固有の吸収係数をあらかじめ入力しておく方法があるかと思います。ただ、既存の方法は計量法で決められている関係もあり、その辺りの調整も必要となります。

斎藤 測定原理が違ったらいいんじゃないですかね。絶対値がとれるようなスパンガスのことを言えば、アルデヒドも問題ですね。とくにメタノールエンジンの研究には欠かせませんからね。

松本 ガス分析計だけに限らず、どんな分析計についてもそうですが、高くなってる代わりに、ものすごくいいデータがファーと出てくるようになってま

すよね。これはものすごい進歩だと思うんですよ。今まではどうもわからなかったというのが、新しい機械に変わるとわかるわけですね。ただ、何のためにどこまで測るかということが十分にわかっていないケースがよくありますね。これは、使う人の問題かも知れませんが、(笑い) これからの課題になりますね。

中島 リサイクルの現場では材料の分析や選別が重要になっています。鉄鋼やアルミの中の不純物の管理なんかは、新しい材料はもちろんリサイクルの面でも重要ですね。今は廃車なんかはみそもくそも一緒にグチャとやっているが、簡単に見分けられる何か分析計があれば便利です。この間、アルミに関する例がザルツブルグでの講演にありました。

司会 ホリバでも最近開発しました蛍光X線分析装置に同じようなお話をいただいて、おや、こんな業界でも使われるのかとビックリしています。

総合的な視野に立った技術開発が必要になる

司会 いつの間にか予定の時間が来てしまっております。最後に皆様から一言ずつ、これからの技術が環境とどういうふうに関わっていくべきかについてご意見をお聞かせいただいて本日の締めくくりとさせていただきますと思います。

斎藤 やはり、地球環境問題がもっとも重要で困難な問題だと思います。地球温暖化のスピードは各種の対策である程度は抑えることはできると思いますが、発展途上国でもこれからはエネルギーをどんどん使っていきますから、技術だけで救えるかと言ったら難しいでしょうね。先進国がエネルギーの消費をおさえなきゃならないんですけど、個人のライフスタイルに関わることでなかなか難かしいでしょうね。頭では分かっても、身にしみないもんですから、教育や知識の押しつけでは解決できないと思いますね。

実際には、余りエネルギーを使わなくてもよい社会構造をつくらないと駄目だと思いますね。クルマが一番響いて来るわけですけど、クルマが一番有効に使える社会をつくりあげなきゃいけないと思います。アメリカなんて個人ひとりあたりのエネルギー消費量は膨大ですが、クルマがなければ生活できないんですから、クルマに替わる社会システムが出現しない限り難しいでしょう。

技術では限度がありますね。クルマをうまく使いこなす方法こそが大切で、それを抜きにクルマの改良だけで対応しようとするには限界がありますよ。ソフト面をこれからやっていかなきゃと思いますね。

松本 技術的にはどこまでも追求しなければならないと思います。そうしなければ売れないですからね。洋の東西を問わず、お客は良い品物を安く願っていますからね。ただ、技術的にはもちろんどこまでも追求するけども、それをどこまでアプライするかという点では、これからちょっと考えなければなりません。クルマもこういうことができる、ああいうことができると研究して誇示する必要はあると思いますが、だからといって、それを全部アプライするというのはちょっと考えなきゃならんのではないかと思います。

中島 お二人の言われたことに尽きると思いますが、やはりわれわれ技術屋としては、一生懸命技術的にやれる所まで追求していかなくては駄目だと思います。しかし斎藤先生のお話のように、それで解決できるかどうか疑問です。

技術屋が技術だけに閉じ込めているのでは駄目で、もっと広い範囲で物事を考え判断することが今後求められると思います。私は地球環境問題は人々の価値観を変えていくことが一番重要だと考えています。

大浦 分析計は、技術を極めるためのお手伝いをさせていただくものと考えています。これからも、例えば、測定結果の解析をよりイージーにしていくとか、1回1回の爆発をリアルタイムに見れるような分析機器を開発して行くことが我々の勤めであろうかと思えます。それと、さきほど言われた総合的な施策を行っていく際に重要となるデータベースの構築のお手伝いもホリバの重要な役割だと考えています。

司会 本日は多くの示唆に富むお話をいただきまして本当にありがとうございました。

Future of Automotive Emission and Measurement Technology

As people's attention has been focused on the environment of the earth, the social environment vs. cars has been greatly changing as observed in the zero-emission car concept in the State of California and the reinforcement of the regulations for diesel vehicles in Japan. Now, therefore, more specific attitudes and visions are required. In order to commemorating the 40th anniversary of the establishment of Horiba, a symposium was held to discuss the issue entitled "Future of Automotive Emission and Measurement Technology." The participants included Prof. Takeshi Saito, Science and Engineering Department, Waseda University, who is the greatest person in studies on internal combustion engines and also a leader for emission control; Mr. Kiyoshi Matsumoto, Standing Auditor, Toyota Central Research and Development Laboratories Inc., who has contributed to the commercialization of a number of excellent Toyota cars for many years; and Mr. Yasuo Nakajima, Director, Nissan Motor Co., Ltd., who directs the development of excellent cars as General Manager of the Nissan Research Center, as well as Mr. Masahiro Oura, Vice-Chairman of Horiba Ltd. They gave precious comments on the future trend of car technology and some issues of analyzers. These comments are summarized below:

- ① Various actions which were started to comply with the emission control regulations in 1980s have significantly contributed to the remarkable progress of cars and measurement technology.
- ② Technological innovation essentially requires the mutual supplement of logic and experiments; it is led, in particular, by people's demands.
- ③ The future analyzers must be not only easier to operate, but also superior in the so-called software concept on why and how.
- ④ In order to create an eco-conscious society in harmony with cars, it is essential to pursue the ultimate technology based on the economic principle as well as to change people's sense of value.

低エミッションエンジンの展望

Outlook on Low-Emission Vehicular Engines

私たちがクリーンエンジンという言葉を使うとき、既存のエンジンを搭載した自動車が汚いガスをまき散らしているという認識がその背後に潜んでおり、現在のエンジンをやめてもっとクリーンなエンジンに取り替えればよいではないかという主張が込められています。したがって、たとえば電池とモーターを使って電気自動車にすれば有害物質は出ないだろうと考えます。電池に充電する電力は発電所で造られたもので汚染物質の発生量は少ないのですが、大変重くて高価でしかも寿命の点で到底現在のエンジンには打ち打ちできません。将来の零エミッション車として大きな努力が重ねられていますが、少なくともただちに電池をエネルギー源とする電気自動車に取って替わることはないでしょう。このような観点から、最初に現用のエンジンの意義と問題点についてお話しておきます。

自動車に使われているエンジンはほとんどが往復式で、シリンダの中をピストンが往復する構造のものです。ピストンによって気体を圧縮するとき仕事が費やされますが、膨張の直前で起こる爆発によって圧縮よりも大きな仕事が膨張行程で発生してその差がエンジンからとり出され、結果的に燃焼熱が仕事に変換されます。この種の往復式エンジンの特徴は次の3点に要約できます。

(1) エンジンが間欠燃焼で働くこと。

熱機関では原理的にサイクルの高温側の温度が高いほど熱効率、すなわち加えた熱量に対する発生仕事量が増加します。エンジンでは間欠燃焼が行われるため瞬間的にきわめて高温が発生し、高い熱効率が得られます。飛行機に使われるジェットエンジンのように連続燃焼を行わせるのがより合理的だと思われがちですが、そうするとタービンの羽根が常に高温に曝されて熱的強度を保つのが難しく、そのため耐熱性の高い高価な材料を使わなければなりません。それに対して往復式では燃焼ガス的高温が発生するのは一瞬で、残りの大部分の時間はガスが低い温度にあるためピストンやシリンダの温度は低く、熱的強度の問題はあまりありません。ただし、高温間欠燃焼のため使用できる燃料が限定されることと、連続燃焼に比べて燃焼の制御が難しいため排気の清浄さを保つのに多くの問題があります。このように高い熱効率をもつことと汚染物質の放出を減らすことは裏腹の関係にあります。

(2) 燃焼ガスをそのまま作動媒体としていること。

火力発電プラントや原子力発電所の蒸気エンジンでは作動流体として水と水蒸気を使い、燃焼熱や核反応で発生した熱をボイラーや熱交換器によって作動流体に伝えます。これに対し、自動車用の往復式エンジンは未燃焼のガスや燃焼ガスをそのまま作動流体として使うため熱交換器がなく、構造が簡単でしかも軽量の動力源です。この軽さのためこの種のエンジンは自動車のような移動機械に適しているのです。

(3) 高速であること。

(2)で述べた構造の簡単さと軽量さに加えて、高い回転数(1分間の回転回数)で



京都大学教授

池上 詢

Makoto Ikegami, Dr.

京都大学工学博士

〈略歴〉

1958年：京都大学工学部卒業
 1963年：京都大学大学院工学研究科博士課程退学
 1963年：京都大学工学部助教授
 1978年：京都大学工学部教授

〈主な役職〉

日本学術会議熱工学研究連絡委員(1966～)
 自動車技術会技術担当理事(1988～)
 日本機械学会エンジンシステム部門運営委員長(1989～1991)
 日本燃焼研究会理事(1990～)

〈受賞〉

日本機械学会賞論文賞(1975, 1977, 1987)
 SAE Colwell Merit Award(1989)
 FISITA Outstanding Paper Award(1990)

運転が可能のため、往復式エンジンはきわめてコンパクトな動力源です。単位時間に発生する仕事をパワーといい、回転数が2倍になるとパワーは倍になります。乗用車のエンジンでは回転数が6千に達することも珍しくありません。このためエンジンの重量の割に大きなパワーが得られます。

図1に現在のいろいろなエンジンや電池などの動力源の特性を示します。横軸のエネルギー密度は車両単位重量に対するエネルギー保有量で、この値が大きいほど航続距離が長いことに対応します。縦軸はパワー密度、すなわち車両単位重量に対するパワーで、この値が大きいほど高い巡航速度が得られます。すなわち、右上になるほど速くて長距離を走ることができ、往復式エンジンであるガソリンエンジンとディーゼルエンジンとはその辺りにあります。左下には各種の電池類があり、電池は往復式エンジンにくらべてパワーの割には10倍以上も重いわけです。しかも1回の充電で走ることのできる距離も10分の1以下に過ぎません。したがって、電気自動車は私たちがイメージしている車とはかなり違ったものになり、その前提が受け入れられないと普及しないでしょう。この例のようにエネルギー密度はガソリンや軽油などの化石燃料を使うものが圧倒的に高いのです。この点から電池と普通のエンジンを組み合わせるハイブリッド式電気自動車が登場するかもしれません。こうすると走行中の大気汚染物質が零にはなりません、大幅な減少を期待できます。また、最近話題となっているソーラーカーはクリーンさの点では良いのですが、パワー密度の点で電気自動車以上に難しく、実用化されとしてもさらに遠い先でしょう。

現用エンジンの近くに位置しているガスタービンとスターリングエンジンは往復式エンジンに匹敵し、代替動力源の可能性がります。しかも連続燃焼であるため汚染物質の抑制が容易なことが大きな特徴です。しかし、いずれも価格の点ではき

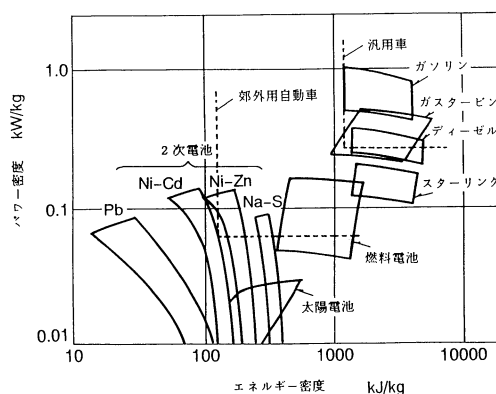


図1 各種パワープラントのパワー密度とエネルギー密度の関係¹⁾
 Power density versus energy density relationships for various power sources

わめて不利で、よほど別のメリットがなければ登場できないでしょう。燃料電池は燃料と空気を別々の電極から浸透させ電池内で酸化反応を行って直接電気を発生させるものです。エネルギー効率の点では優れており、発電にも使われ始めていますが、やはりパワー密度の点では決定的に劣っています。

新しいパワープラントや新型エンジンの発展を期し将来のポテンシャルを見極めることは大変重要なことで、現在その努力が精力的に展開されています。しかし、上記のように現時点ではやはり既存の往復式エンジンをクリーンエンジンにしてゆくことが大切です。そこで、この立場から環境問題との関連で現在のエンジンが抱える課題を眺めます。

地球環境問題	CO ₂ , フロン, ハロン,
地球温暖化	メタン, N ₂ O
オゾン層破壊	フロン, ハロン, H ₂ O, N ₂ O
広地環境問題	SO _x , NO _x
酸性雨	
局地環境問題	HC, NO _x
光化学スモッグ	
呼吸器障害	NO _x , 微粒子(黒煙, 青白煙)
神経性障害	CO

表1 環境問題とそれに関する物質
Environmental problems and
the related pollutants

表1は現在の環境問題と関連する物質を示したもので、地球規模、広域環境および局地環境の問題に区分されています。このうち地球環境問題にはCO₂などの温室効果ガスの抑制とオゾン層破壊防止があり、エンジンに関係するのはCO₂, メタン, 亜酸化窒素(N₂O)です。CO₂と地球温暖化の因果関係はかならずしも十分に立証されてはいませんが、今から対策を講じておかないと取り返しのつかない事態になると懸念されます。この点からエネルギーの利用効率を高めることが大切で、それにはエンジンの熱効率の向上と省エネルギーの方策が鍵となります。広域環境問題は主に酸性雨に関係し、硫黄酸化物SO_xと窒素酸化物NO_xの低減が大切です。局地的問題としてはCO, NO_x, すすなどの微粒子の生体への直接的影響と、車からのNO_xおよび未燃炭化水素HCによる光化学スモッグの生成が問題です。ガソリン車は現在1960年代後半のレベルよりNO_x, HC, COは10分の1以下に低減され、乗用車のみならずトラック、バスに使われるディーゼル車ではNO_xが1/6~1/2.5に減りました。それにも拘らずわが国の大都市周辺では窒素酸化物の環境基準が満たされていません。このため主原因と目されているディーゼル車に対する規制は一層強化されます。カリフォルニア州では慢性的な光化学スモッグに悩まされており、自動車排気のNO_xとHCに対する規制が格段に強化されます。

カリフォルニア州の規制の骨子は、94年車から従来の規制よりもNO_xとHCをそれぞれ60%および40%削減し、さらにホルムアルデヒドの規制を全ての車に課すというもので、世界でもっとも厳しい規制となります。この規制では非メタン有機ガス(NMOG)を基準とし、炭素数12以下の炭化水素と炭素数5以下のケトン、アルデヒド、アルコール、エーテルを加えたものを炭化水素(HC)の規制値として使います。そのためには排気ガスの各種成分をオンラインで精度よく測定する必要があります。現在のガソリンエンジンでは触媒に頼って排気を浄化していますが、この規制では始動直後の1~2分間の触媒が機能し始めるまでのHCが大きな問題となります。始動時に通電加熱して触媒活性することが考えられていますが、もっとスマートな解決法が望まれ、エンジンが冷たい時でもHC自体の発生を抑制する手

段が検討されています。現在のガソリンエンジンのNO_xについては3元触媒のおかげで当面の問題は少ないものの、熱効率向上のためには燃料に比べて空気が過剰な状態で運転するリーンバーン運転が望ましく、それには酸素が多く存在する状態で働くNO_x分解触媒が必要で、その開発がなされています。しかし、現在の浄化率は50%程度で、とても90%以上の浄化率をもつ3元触媒の性能には及びません。

ディーゼルエンジンについては当面NO_xと微粒子の低減が最重点課題です。大形車両については千気圧以上の圧力で燃料を噴射する高圧噴射を中心技術として解決に向けて努力がなされています。同時に微粒子トラップ(捕集フィルター)やリーンバーンNO_x分解触媒が検討され、さらに、燃料内の硫黄分の減少が進められています。とくに、微粒子にはすすなどの固形分のほかに有機溶媒に溶出する軽質微粒子やSO_xが含まれており、その質量濃度を迅速かつ精度よく計測する希釈トンネルを使うサンプリング分析法が重要になります。高い熱効率を誇りしかも低質燃料が使えるディーゼルエンジンはもっとクリーンになって是非とも生き永らえて貰わねばなりません。

最後に、最近話題となっている代替燃料を使用するクリーンエンジンについて述べます。これは往復式エンジンにほとんど変更を加えないで石油系以外の燃料を使うものです。そのひとつのメタノールを中・大形ディーゼルに使うとNO_xと微粒子を大幅に減少できます。エネルギーの節約は期待できませんが大都市周辺部の環境保全には役立つと思われます。水素と天然ガスも期待される代替燃料で、いずれも気体であるため車載には不便ですが、大気汚染物質の抑制に有効とみられます。とくに天然ガスは燃料の加工ロスが少なく、しかも20%以上のCO₂の低減が見込まれており、エネルギーセキュリティの点でも有利なことが注目されています。

永いエンジンの歴史を振り返ってみると、よりクリーンでより高い熱効率をもち、よりパワーのあるエンジンがたゆみなく追求されてきました。クリーンエンジンのかけ声のなかでも、これまでのエンジンの延長線上にしか当面の回答はなさそうであり、その方向で取り組むことが大変重要です。その開発を支援する計測技術の高度化も大切なことです。将来的にみると電池をはじめとするクリーンな動力源がぜひとも必要であり、その方向への取り組みが期待されます。

参考文献

- 1) 清田; 日本機械学会講演論文集 No. 924-2 (関西支部第67期総会講演会) (1993. 3), pp. 269-275

Outlook on Low-Emission Vehicular Engines

So-called "clean" engines and power sources for vehicular use can be assessed by the ratio of power (or energy storage) to their weight. It is suggested that while most alternative power sources, including electric cells, do have a high potential for achieving cleaner vehicles, radical improvements are still needed to increase both mileage and the power-to-weight ratio.

The inherently high power-to-weight ratio and high fuel economy of conventional reciprocating engines means that they will continue to be relied upon as vehicular power sources in the future, albeit in cleaner versions. Thus, continuing efforts will need to be addressed to reducing air-pollutants from reciprocating engines without any concomitant sacrifice — and ideally with increases — in fuel economy.

It is also anticipated that vehicles powered by reciprocating engines will increasingly make use of alternative fuels. Of particular note are methanol, natural gas and hydrogen. Each of these alternative fuels has its own advantages in reducing pollutant emissions.

メタノールエンジン最近の動向

Trends in Development of Methanol Engines

堀 政彦*

Masahiko Hori

要旨

メタノールは常温で液体であり、自動車用石油代替燃料としては高いポテンシャルを有しているが、燃料系部品、材料に対する磨耗、腐食などがガソリン、軽油と比べて厳しく、実用化するためには、これらの問題を解決しなければならない。一方、メタノールは黒煙を発生しにくく、NO_xも半減することからディーゼルエンジン用低公害燃料として着目されているが、オットータイプエンジンと同様に低温始動時に人体に有害なホルムアルデヒドが排出される。そのため、メタノールエンジンを実用化するためには電気ヒーター付排気触媒などの開発が必要になる。また、三元触媒の採用によってすでに低公害化がすすんでいるガソリンエンジンと比べてオットータイプエンジン用メタノールは低公害燃料としてよりも、むしろ石油代替燃料として注目されている。

Abstract

Methanol is a liquid fuel and has a high potential as an alternative fuel. However, wear and corrosion on the engine components and materials used in the fuel systems and much more severe than that caused by conventional gasoline and diesel fuel. These problems have to be solved to practical use as an automotive fuel. The level of NO_x emitted from methanol diesel engine is about a half of conventional diesel engine, and particulate emission is zero level. Diesel type methanol engine, therefore, is considered as a candidate to diesel engine in urban area. On the other hand, the level of formaldehyde is higher at cold start conditions both otto and diesel type. Improvement technology such as exhaust catalyst with electrically heater has been developed to reduce formaldehyde and unburned methanol.

1. はじめに

欧米でメタノール自動車のフリート試験を開始して以来10年以上経過したが、メタノール自動車に対する社会の認識も10年前とは大きく異なってきた。メタノール導入に関するフィージビリティ調査がオイルショックを契機に開始されたことからわかるように、メタノール自動車に関する研究、開発は石油代替エネルギーの開発の一貫として始められた。しかし、石油事情の逼迫化が減少するとともに、石油代替エネルギーに関する関心は薄れてきた。その中で、

* 財団法人 日本自動車研究所

米国カリフォルニア州はメタノールを大気汚染対策の切り札として、積極的に導入を図ってきた。

我が国においても、石油代替エネルギーのフィージビリティ調査として、主としてオートタイプ自動車を対象に開始した政策が、最近では大都市域における大気汚染改善のために、ディーゼルタイプを対象とした調査に移行してきた。本稿ではこれらの経緯について述べてみたい。

2. 石油代替燃料か低公害燃料か

メタノール燃料に関する歴史は古く、1940～50年代には高オクタン価燃料であることと、無煙燃料であることを利用したエンジンの研究が行われている。1970年代前期には、メタノールが水と混合しやすい性質を利用して、メタノール-水混合燃料を用いてNO_xを低減するための基礎的研究が行われた。したがって、メタノール燃料の研究は低公害燃料としての可能性を調査することから始まったと言っても過言ではないであろう。しかし、ガソリンエンジンの排気触媒技術の進歩とともに、低公害燃料としてのメタノールの研究は衰退した。ところが、二度のオイルショックを契機に1980年から石油代替燃料としてのフィージビリティ調査が開始された。当初は、バイオマス燃料としてのエタノールが有望であるとの観測から、エタノールに関する研究も行われたが、その後は経済的理由から研究、開発の対象はメタノールに絞られた。

石油代替燃料としては、石油に完全に取って代わることが理想的であるが、エネルギー行政の立場からは石油の消費量を低減することの方が現実的であり、ガソリンに15%程度のメタノールを混入する混合方式が検討された。しかし、この方式はエンジン改造を必要とする割りには、経済的メリットが少ないことから、エンジンの改造を必要としない3%程度のメタノールをガソリンに混入する低濃度メタノールのフィージビリティ調査が開始された。

低公害燃料としてのメタノールに関しては、米国における環境行政の最大の課題である大気中のオゾン濃度を低減するための方策としてメタノールの利用が考えられた。最近ではNMOG低減のための有望な対策として検討されている。そのため、対象となるエンジンはガソリンエンジンが中心になる。

一方、我が国の大気汚染に関する最大の課題はNO_x低減であるが、三元触媒によってガソリン車のNO_x低減対策が施されたことから、その対象はディーゼルエンジンに向けられた。しかし、一般的にはメタノールは低公害燃料であり、技術的に容易なガソリン車から導入すべきだとする意見が多かった。最近では、メタノールに対する認識もほぼ間違いのないものになりつつあり、黒煙ならびにNO_x低減の観点からディーゼルエンジンに適用することは有効であるが、NO_xに関してガソリン車と同等で、アルデヒドの問題が解決していないオートタイプ車に適用することは必ずしも有効ではないとする評価が定着してきた。すなわち、オートタイプメタノールエンジンは石油代替エンジンとしてのポテンシャルは高いが、米国と異なり我が国においては低公害エンジンとしてのポテンシャルはそれほど高くはない。

3. メタノールエンジンの技術動向

3.1 オットータイプ自動車技術

メタノールのオクタン価はガソリンより高く、圧縮比を高めることが可能で

あるが、その反面、ガソリンと比べて蒸気圧が低いことと、気化温度が高いために、低温始動性が著しく低下する。また、メタノールは金属に対する腐食性が強く、プラスチック、ゴムなどを膨潤させるために、燃料系統部品の改良、変更などが要求される。図1にガソリン車からメタノール車へ変換する際の変更部位を示す。また、燃料の発熱量がガソリンの約1/2であることから、同一容量の燃料タンクを使用した際の後続距離は半減する。さらに、メタノールを使用した際のエンジンオイルの劣化割合が多く、メタノールエンジン用エンジンオイルの開発が必要である。なお、最近欧米ではFFV (Flexible Fuel Vehicle) に関する開発が積極的に行われているが、これは、メタノール導入の過渡期における燃料供給体制の不備を補うための方策であり、配給網が確立した後にメタノールを導入する際、あるいは限定された地域で使用する際には不要な技術である。

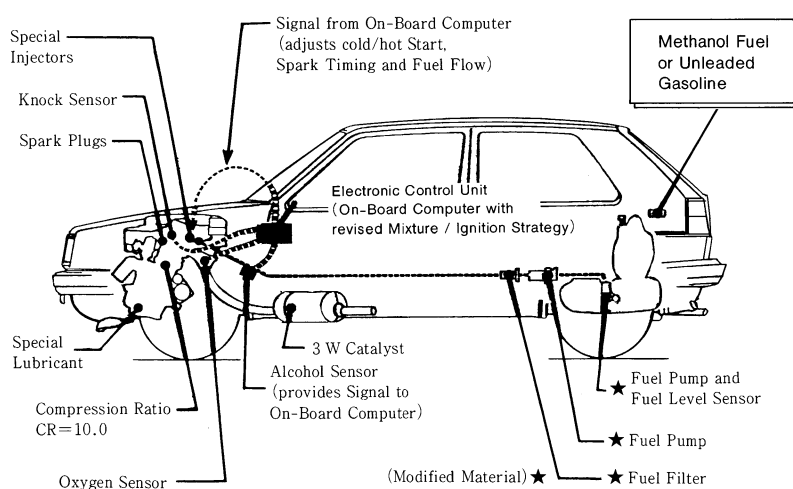


図1 メタノール自動車へ変換する際の部品の変更
Components modification for use with methanol

米国および我が国において、自動車メーカーが試作したメタノール自動車(米国ではFFV)を用いたフリートテストが行われている。図2に排ガス特性の経年変化を示すが、低温始動時のホルムアルデヒドの生成、インジェクタの機能低下による排ガスレベルの悪化など、実用上の問題が多数指摘されており、メタノール自動車を実用化するためには、解決しなければならない多くの課題が残されている。

しかし、これまでに開発されてきたメタノールエンジンは現行エンジンを改造したものがほとんどであり、メタノールの特性を考慮したメタノールに最適の専用エンジンの開発は少なく、今後は、これらを考慮した研究、開発が期待される。表1にFEV(ドイツ)が開発した筒内直接噴射エンジンの排ガス性能を示すが、アルデヒドの排出基準を大きく下回っている。このエンジンはディーゼルタイプに使用されているシステムと同一であり、ジャンルとしてオートタイプとすることの問題はあるが、小型自動車用エンジンとしては特筆されるであろう。

なお、メタノールエンジンの排ガスには未燃メタノールならびにホルムアルデヒドが含まれるが、これらのガスを連続的に精度よく測定できる技術は完成していない。メタノール自動車を実用化するためには、これらの排ガス測定技術の開発も必要になる。

Exhaust Gas Component	Emissions		
	1993 Cal. Emission Standard	ULEV	DI Methanol VW Jetta
HC (NMHC) [g/mi]	0.25	0.04	0.10-0.15
CO [g/mi]	3.40	1.70	0.10-0.15
NOx [g/mi]	0.40	0.20	0.16-0.30
Part [g/mi]	0.08	0.04	0.03-0.04
Aldehydes [mg/mi]	15.00	8.00	2.30-2.90

Fuel Economy				
		FTP	HFET	Combined
CO	[g/mi]	250	167	
FE	[mpg]	38.3	57.5	45.00

FE Fuel Economy-Diesel Equivalent

表1 筒内噴射火花点火メタノールエンジンの性能
FTP test results with DI methanol engine

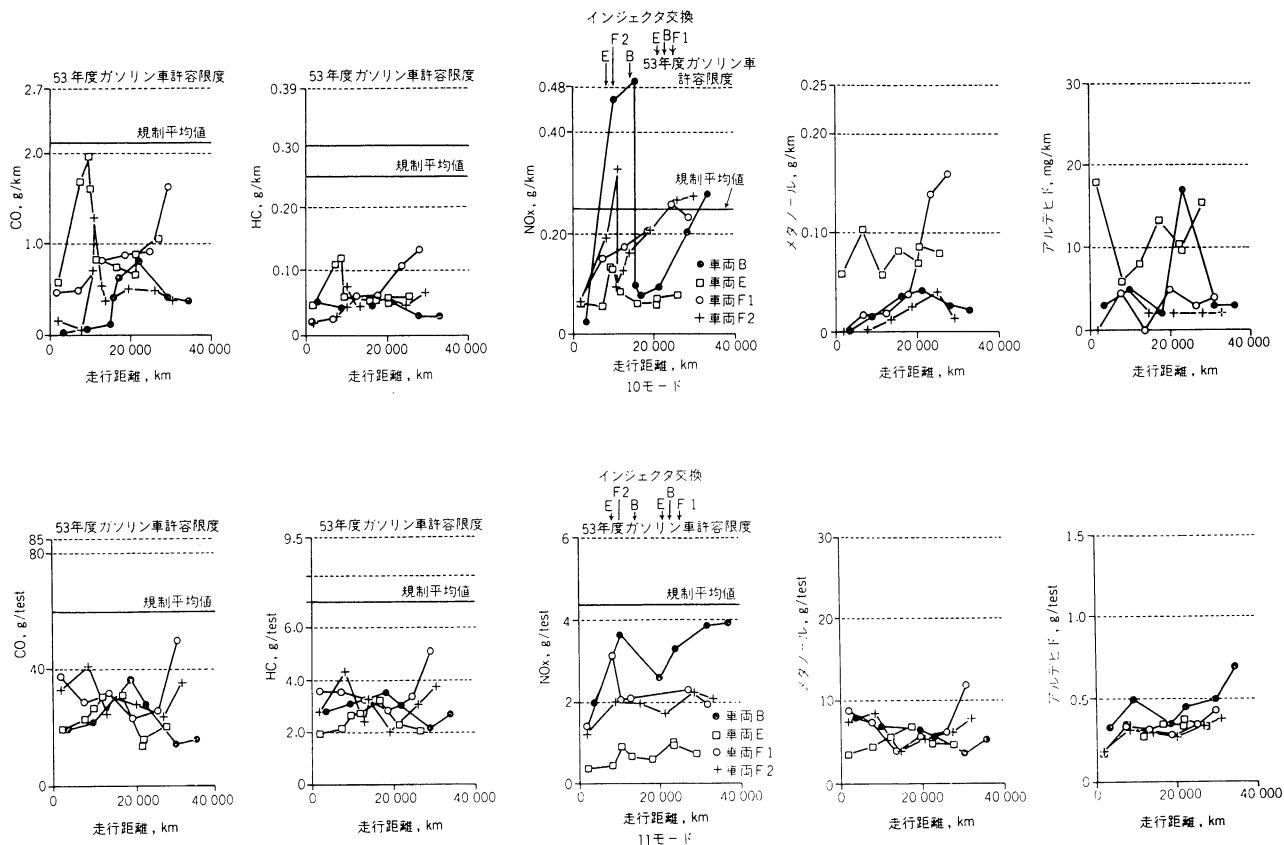


図2 排ガス特性の経時変化
Changes in exhaust gas characteristics

3.2 ディーゼルタイプ自動車技術

ディーゼルエンジンに圧縮着火性の悪いメタノールを適用するためには、パークプラグ、グロープラグなどの着火補助装置が必要になるが、最近では圧縮比を高めることと、EGRを併用することによって着火補助装置なしのメタノール利用技術が開発されている。もちろん、エンジン始動時などは着火補助装置を必要とする。ディーゼルタイプメタノールエンジンは排気黒煙が全く排出されず、ディーゼルエンジンと比べてNO_xは半減するが、低負荷運転時の未燃分が高くなることが知られている。これは、筒内直接噴射方式の欠点であり、その対策として排気触媒の使用が必須である。しかし、低温始動時に排気触媒が機能するまでの間に排出される未燃分が多く、これを低減するために電気ヒーター付触媒が検討されている。図3にホルムアルデヒドの排出におよぼす電気ヒーター付触媒の効果を示すが、ヒーターなしの場合と比べてホルムアルデヒドの排出量が大幅に低減することがわかる。しかし、この方式は大容量のヒーター電源を必要とするために、実用性を確認するためにはさらに検討が必要である。

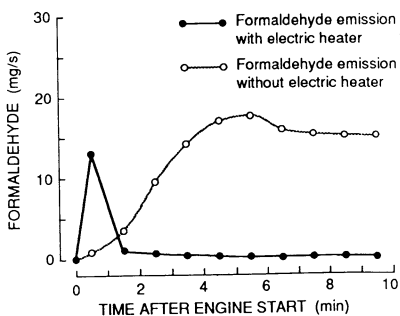


図3 電気ヒーター付排気触媒によるホルムアルデヒドの低減
Formaldehyde emission with and without electric heater at idling speed

図4に示す軽油とメタノールの二燃料を併用する方式は、メタノール噴霧に先立って噴射する軽油によって形成される火炎を火種とするために、低負荷運転時も確実に着火できる。そのため、排気触媒なしで、現行排ガス規制値をクリアできる。この方式は二燃料を使用するために、燃料の管理が複雑になることが欠点の一つである。

なお、ディーゼルタイプメタノールエンジンについては、各種の燃焼方式が提案されている段階であり、技術的完成度はオートタイプと比べて低く、実

用性に関する評価は十分には行われていない。しかし、着火補助装置を使用する際にはスパークプラグあるいはグロープラグの耐久性が著しく低いこと、噴射ポンプの磨耗が大きいこと、低温活性の良好な排気触媒が開発されていないことなど多くの課題が残されている。

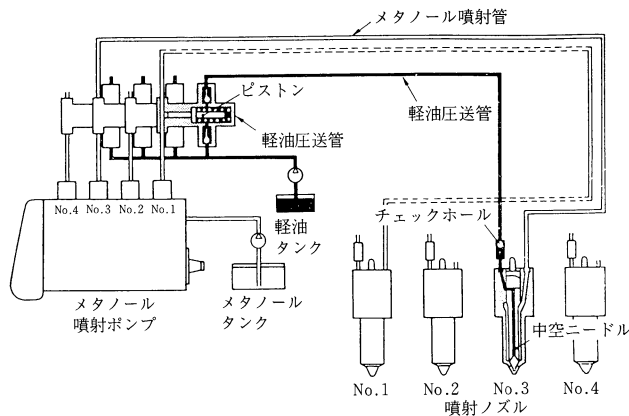


図4 メタノール・軽油二燃料エンジン(SDF)
Schematic diagram of dual fuel injection system

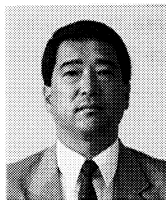
また、メタノールディーゼルエンジンの排ガスを評価する際には、ディーゼルエンジンの試験法を適用することになると考えられるが、低温始動性を評価する試験法が存在しないために、測定法を含めた試験法の検討が必要である。

4. まとめ

最近、米国を始めとして我が国においても、低公害燃料としての評価はメタノールよりCNGの方が高くなりつつあるが、自動車用燃料としての利便性を考慮すると常温で液体であるメタノールの特長は依然として高く、石油代替燃料としてのポテンシャルは高い。しかし、ホルムアルデヒドの生成、燃料系部品材料の改善など実用性に関する未解決の課題は残されており、エネルギーの多様化の要求と合わせて今後のエンジン開発に期待したい。

参考文献

- 1) G.Decker, et al, 9th ISAF, (1991)
- 2) N.Iwai, et al, 9th ISAF, (1991)
- 3) U.Hilger, et al, 9th ISAF, (1991)
- 4) K.Hikino, et al, 9th ISAF, (1991)
- 5) H.Nohira, et al, 9th ISAF, (1991)



堀 政彦
Masahiko Hori

(財)日本自動車研究所
第一研究部 部長
工学博士

水素ロータリエンジンの開発

Development of Hydrogen Rotary Engine

寺本 隆文*

Takafumi Teramoto

要旨

クリーン&エコロジーなエネルギーとして、水素の幅広い利用が期待されている。この水素を燃料とする自動車用エンジンの研究を行なった。ロータリエンジンは、高温の排気バルブを有しない、吸気室が低温であるなどの特徴的な構造により、水素燃焼の重要な問題である過早着火やバックファイアなどの異常燃焼を発生しにくいことが明らかになった。この結果、水素ロータリエンジンは、水素レシプロエンジンよりも高出力を得易い長所を有していること、更に高出力化するために作動室への水素の直接噴射法を導入した結果、水素ロータリエンジンの出力がガソリンエンジンの約90%まで達することが判明した。

Abstract

Hydrogen has a great potential as a clean and ecologically-sound energy source. This has led to a serious study of hydrogen-fueled engines for automotive use. Because of the unique structural features of rotary engines, such as no hot exhaust valves and a low-temperature intake chamber, it was found that they are suitable in preventing the problems of abnormal combustion (e. g., pre-ignition and backfiring) which have been serious drawbacks in hydrogen-fueled engines.

As a result, hydrogen-fueled rotary engines have the merit of easily obtainable high output power compared with conventional hydrogen-fueled reciprocating engines. Furthermore, a new method of direct injection of hydrogen into the engine was developed in order to get more output power of the hydrogen-fueled rotary engine reached 90% of that of gasoline engines.

1. はじめに

新開発された水素ロータリエンジン(以下、RE)を搭載したコンセプト車HR-X(図1)は、'91年秋に開催された第29回東京モーターショーで発表され、クリーン&エコロジーを実現する車として大きな関心を集めた。その後もHR-Xは、'92年6月のブラジルでの地球サミットを始め数多くのイベントにおいて、水素自動車への認識と期待を世界的に広めている。

* マツダ株式会社

本論文では水素RE開発の背景と目的、及びその特徴と性能について述べる。

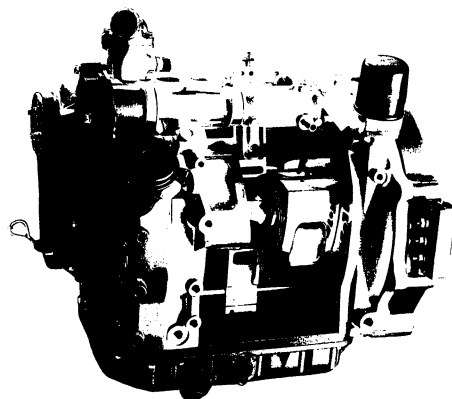
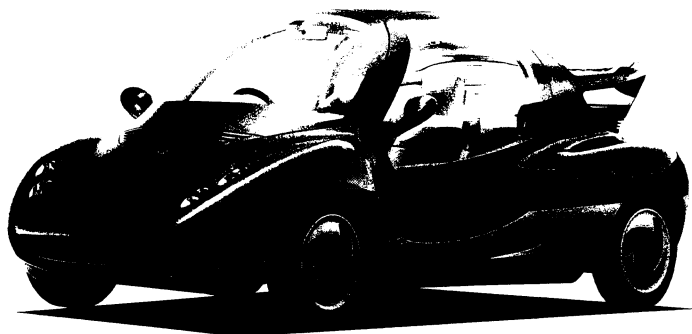


図1 水素 RE と HR-X
Hydrogen Rotary Engine and Concept Vehicle 'HR-X'

2. 開発の背景と目的

21世紀には限りのある化石エネルギーへの依存を少なくし、太陽エネルギーを源とする光、風、水、潮流などの自然エネルギーの利用が飛躍的に拡大されようとしている。このようなエネルギー社会では電気と並び、電気との間で相互に変換が可能で、電気よりも貯蔵や運搬が容易である水素が、エネルギー媒体として広く利用されるものと考えられる。既に、図2に示すようにこのような水素の利用を目指すプロジェクトがカナダとヨーロッパの間で進められている¹⁾。

水素の主要な利用方法の一つとして、自動車用の燃料が考えられる。燃料としての水素は、図3に示すように水から生じて燃えると水に戻るリサイクルラブルで、しかもHC、CO、及びCO₂などの有害な排出物を生じないクリーンな理想的な性質を有している。一方、水素エンジンの問題点として、過早着火やバックファイアなどの異常燃焼を回避するために、ガソリンエンジンに較べて出力性能の悪化や構造の複雑化などが報告されている^{2,3)}。

我々は、マツダ独自のREの特徴的な構造が水素の異常燃焼の回避に有効であることに着目し、21世紀の水素エネルギー利用社会における自動車用エンジンとして、クリーンかつ高性能な水素REの開発に取り組んだ。

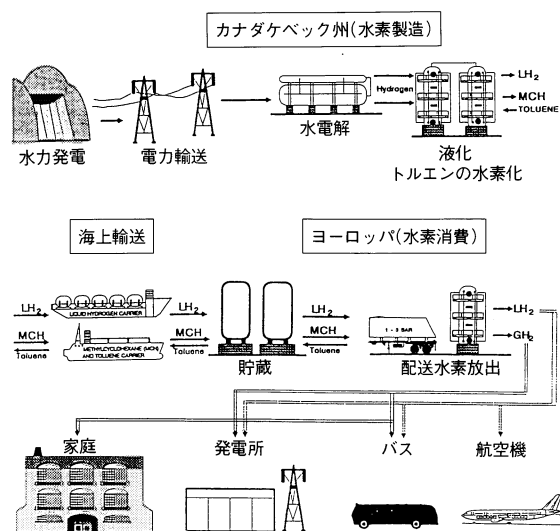


図2 EURO-QUEBEC HYDRO-HYDROGEN PROJECT

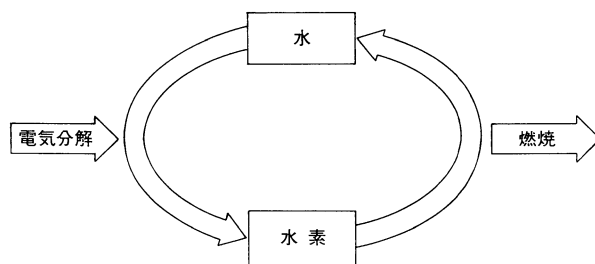


図3 水素の燃焼と再生
Combustion and Recycle of Hydrogen

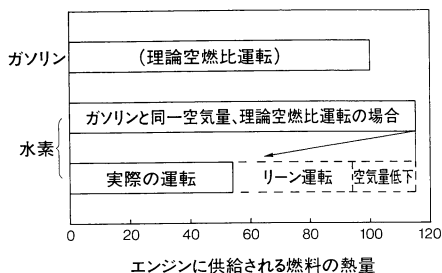


図4 水素CEの出力低下の原因
Causes of Low Output Power of Conventional Hydrogen Reciprocating Engine

3. 水素 RE の特徴

水素 RE に先立って評価した水素レシプロエンジン (以下, CE) の出力は, ベースとしたガソリンエンジンの約50%まで低下した. この原因を明らかにするために, エンジンに供給される燃料の保有する熱量を検討した結果を図4に示す. ガソリンエンジンと同一空気量, 及び同じく理論空燃比付近での運転が可能であれば, 水素エンジンへの供給熱量はガソリンよりも15%増加する. しかし, 実際の水素CEの運転では, 異常燃焼を回避するために運転可能な空燃比がリーン領域に制限され, また低密度の水素燃料によって吸入空気量が減じる結果, 供給熱量はガソリンの54%まで低下することが明らかになった. 従って, これら2つが評価した水素CEが低出力となる主な原因と考えられる.

過早着火やバックファイアなどの異常燃焼は, 水素の基本的な性質の1つである点火エネルギーの小ささのために, ガソリンエンジンでは問題とならない点火プラグ, 排気バルブ, 残留排気ガスなどの高温のエンジン部位が着火源となり, 発生するものと考えられている. そのため, 従来の水素CEの研究では, 高温の着火源対策として, 新たにシリンダ内への水噴射装置とナトリウム封入排気バルブなどを採用し, 効果をあげた例がある.

ところが, REでは図5に示すように元々排気バルブは無く, また燃焼室と吸気室が分離しているためにCEに較べて吸気室が低温であるなどの特徴があり, 基本構造から異常燃焼の着火源になりにくい特性を有している.

この特徴的なRE構造によって水素の異常燃焼がどこまで回避できるかを評価した結果を図6に示す. 点火プラグの熱価を大きくすれば異常燃焼が発生する領域が減少する傾向を示し, 通常ガソリンエンジンよりもかなり高熱価の点火プラグ(熱価13)では理論空燃比においても異常燃焼の発生を防止できることが明らかになった.

水素REと水素CEの空気過剰率と出力の関係を図7に示す. 理論空燃比付近までは空気過剰率が小さいほど水素量が増すことから出力が向上する傾向を示すが, 水素CEは異常燃焼の発生により運転を空気過剰率が1.8以上のリーン領域に制限され, 出力が犠牲となっている. 一方, 水素REは理論空燃比($\lambda = 1$)でも異常燃焼が発生することなく正常に運転できることから, 水素CEよりも高出力を得易いことが明らかである.

以上から, 水素REの利点として, 従来のガソリン用のエンジン構造のまま, 出力性能を犠牲にすることなく水素燃焼の課題である異常燃焼を回避できることが確認された.

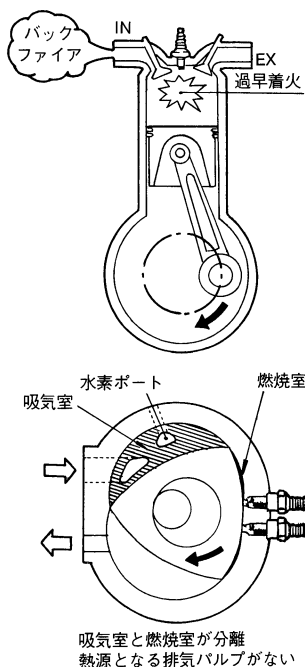


図5 RE構造の特徴
Structural Features of Rotary Engine

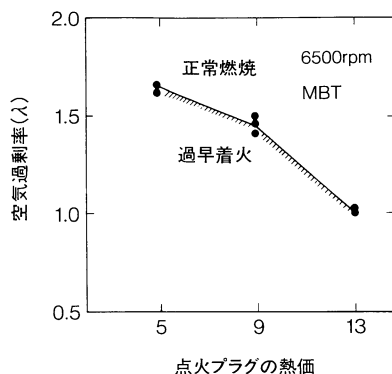


図6 点火プラグ熱価と過早着火
Heat Rating of Spark Plugs vs. Pre-ignition

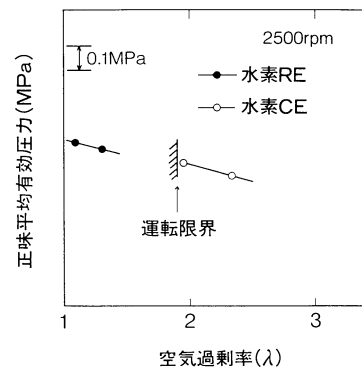


図7 空気過剰率と出力
Excess Air Ratio vs. Output Power

4. 水素 RE の性能

図4において異常燃焼とともに水素 CE の出力低下の原因である空気の体積効率の低下は、水素の物理的特徴の1つである密度の小ささのために生じるものであり、水素 RE においても同様に出力低下の原因となる。即ち、理論空燃比においてガソリン蒸気が混合気全体の1.7%の体積を占めるのに対して、低密度の水素は28%もの体積を占めるため、従来のように吸気管に燃料を供給する予混合方式ではこれにより空気量が大幅に低下する。この対策として、空気の吸入終了後に作動室内に水素を直接噴射する方法が研究されている^{4,5)}。直噴方式では全自然吸入量が空気となるために、空気量、及び水素量を予混合方式よりも38%も増加することが期待できる。

図8に試作した直噴式水素 RE を示す。吸気室の壁面に開口する水素ポートの上流にカム軸で開閉されるポペット式の水素弁があり、これにより空気ポートからの空気の吸入が終了した直後から約90度の間水素が圧縮行程中の作動室内に噴射される。図8の左の図では空気ポートが閉じようとしており、まだ水素弁は閉じている。右の図ではその後空気ポートが完全に閉じた直後であり、水素弁が開いて水素が作動室内の空気に向けて噴射されている。

予混合方式と直噴方式の水素 RE の出力性能を図9に比較して示す。直噴化によって、各回転において20~30%も出力が増加することが確認された。

各方式の水素エンジンの出力性能をベースとしたガソリンエンジンの出力に対する比率として図10に示す。同じ予混合方式では水素 CE が50%であるのに対して水素 RE では63%まで増加した。更に、水素 RE を直噴化することにより、ガソリンエンジン出力の約90%まで達することができた。

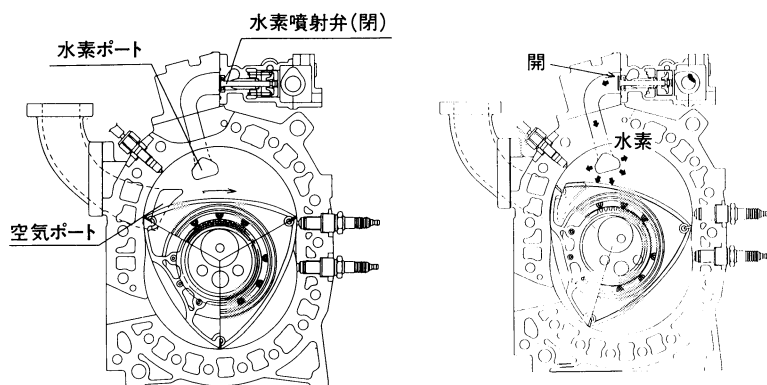


図8 直噴式水素 RE の構造
Direct-Injection Hydrogen Rotary Engine

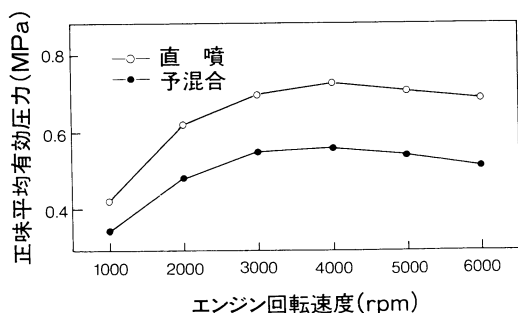


図9 直噴と予混合の出力性能の比較
Comparison between Direct-Injection Method and Pre-Mixed Method on Output Power

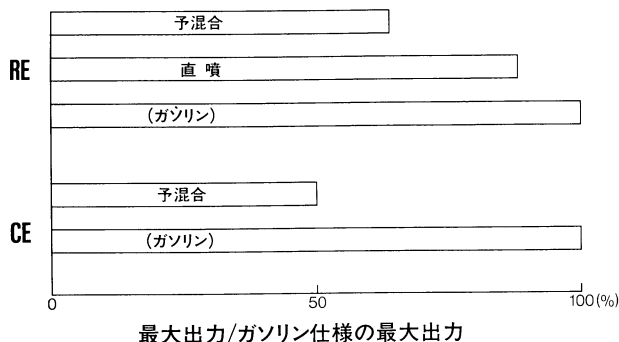


図10 水素エンジン出力性能の比較
Comparison between Hydrogen Rotary Engine and Hydrogen Reciprocating Engine on Output Power

5. まとめ

(1) RE は水素燃焼に適した構造を有しているため、高熱価の点火プラグに変更するだけで水素の異常燃焼を回避し、理論空燃比での運転が可能である。

(2) 水素直噴化により全開出力を20～30%向上できる。この結果、直噴式水素REではガソリン仕様の約90%の出力が得られる。

参考文献

- 1) R. Wurster, et al. : , 8th, WHEC, p. 59 (1990)
- 2) 古浜ほか：自動車技術会論文集, No6,p. 12 (1973)
- 3) R. Povel, et al. : ,6th, WHEC, p. 1145 (1986)
- 4) J. Hama, et al. : ,SAE, Paper, 880036
- 5) S. Furuhami, et, al. : , 5th, WHEC, p. 1493 (1984)



寺本隆文
Takafumi Teramoto
マツダ株式会社
技術研究所 主任

日本における天然ガス自動車の開発状況

Japanese Activities in the Development of Natural Gas Vehicles

中川 二三雄*

Fumio Nakagawa

要旨

都市部におけるNO_x、地球環境におけるCO₂の低減が喫緊の課題となっている現在、大都市部における都市ガスが天然ガス転換され、天然ガスの供給体制が急速に整いつつあり、自動車燃料としての利用が日本でも可能と成ってきた。天然ガス自動車は、天然ガスを産出する国では、1930年代から実用化されており、現在では、世界中で70万台以上が走行している。本稿では、自動車燃料としての天然ガスの性質、(社)日本ガス協会の活動を中心とした日本における天然ガス自動車の開発状況、今後の検討課題について述べる。

Abstract

As worldwide concern focuses on attempts to reduce NO_x emissions in urban areas and CO₂ emissions to prevent global warming, most metropolitan areas in Japan have turned to natural gas for residential and industrial use. They now have elaborate infrastructures for the supply of natural gas. In Japan, it has also become feasible to use natural gas as an automotive fuel.

Natural gas vehicles (NGVs) have been on the road in the gas-producing countries since the 1930s. At present there are upwards of 700,000 NGVs in operation worldwide.

This paper examine the present status and the future prospect of the development of NGVs in Japan, focusing in particular on the activities of the Japan Gas Association.

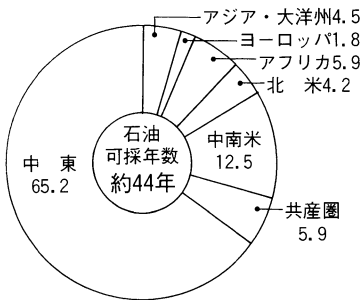
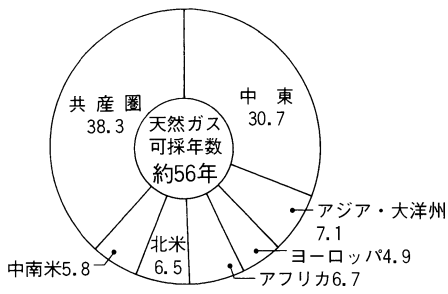
1. はじめに

自動車燃料として石油依存度が98%と非常に高い日本において、石油代替エネルギーとして検討されてきた各種燃料自動車が、現在低公害車として脚光を浴びているが、各々メリット・デメリットを有しており、低公害車としての導入は、その特徴を理解した上で、適切な用途に使用すべきである。

我々は、天然ガス自動車導入の意義として、

- (1) 地域および地球規模での環境保全への貢献：NO_x、CO₂ 排出量の削減
- (2) 石油代替エネルギー政策への貢献：エネルギー・セキュリティの確保を上げているが、いずれの低公害車も同様の意義を有しているので、ここではより深く理解をして頂くために、天然ガスおよび天然ガス自動車の開発状況に

* 大阪ガス株式会社



出典：財団法人天然ガス導入促進センター「天然ガス」

図1 天然ガス、石油の確認埋蔵量地域構成比と可採年数(1989年現在)(単位：%)¹⁾
Composition ratio of confirmed reserves of natural gas and petroleum and Estimated number of years possible to mine (as of 1989)(unit: %)

ついて解説したい。

2. 自動車燃料としての天然ガス

2.1 エネルギー資源としての天然ガス¹⁾

天然ガス、石油の確認埋蔵量地域構成と可採年数を図1に示す。

天然ガスは、世界中に広く分布しており、確認埋蔵量を見ても中東地区比率は31%で、日本の中東依存率は6%である。また、可採年数は石油よりも10年以上長く、長期契約が主で供給が安定している。

2.2 天然ガスの性質

天然ガスの主な性質を表1に示す。

	天然ガス	LPガス			ガソリン	軽油
		プロパン	n-ブタン	i-ブタン		
可燃濃度 (体積%)	約5~15	2.4~9.5	1.5~8.4	1.8~8.4	1.0~7.6	0.5~4.1
最低点火熱量 (×10 ³ J)	メタン0.29	0.27	—	—	0.24	0.30
自然発火温度 (°C)	630~730	457	441	544	228~471	260
低位発熱量	(kcal/m ³)	9,923	22,350	29,510	29,050	—
	(kcal/kg)	11,860	10,992	10,838	10,811	10,505
比重 (空気=1)	0.65	1.55	2.07	2.01	3.40	>4.0
オクタン価	130	125	91	99	87	—

表1 天然ガスの性質
Property of natural gas

2.3 自動車燃料としての天然ガスの特徴

自動車燃料としての天然ガスには次のような特徴がある。

- ①効率が同じであれば、石油系燃料に比較してCO₂発生量が25%少ない。
- ②硫黄等の不純物がほとんどない。
- ③空気より軽いため、地表に滞留することは無い。
- ④可燃濃度範囲が高く、拡散しやすいので、引火しにくい。
- ⑤自然発火温度が高いため、発火しにくい。
- ⑥オクタン価が高いため、エンジンの圧縮比を高くすることが出来る。
- ⑦希薄燃焼可能領域が広いので、低NO_x化が可能。
- ⑧常温では、圧縮しても液化しない(航続距離が短い)。
- ⑨気体であるため低温始動性は良いが、空気吸入量が減少し出力が落ちる。
- ⑩高圧縮ガスを貯蔵するため、燃料容器が重たい。

2.4 天然ガスを原料とする都市ガスの組成

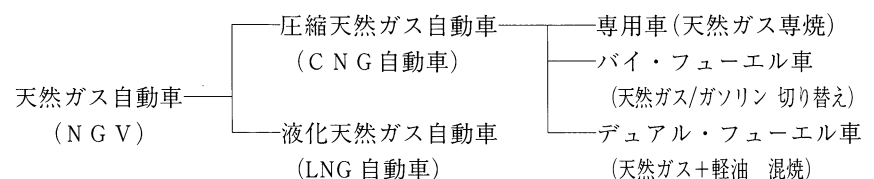
日本には、国産の天然ガスを原料とする12Aガスと、輸入LNGを原料とする13Aガスがあり、大都市部では殆どがLNG原料である(表2)。

成分	13A都市ガス (総発熱量 11,000kcal/Nm ³)
メタン (CH ₄)	88%
エタン (C ₂ H ₆)	6%
プロパン (C ₃ H ₈)	4%
ブタン (C ₄ H ₁₀)	2%

表2 都市ガス組成の一例(大阪ガスの場合)
Example of city gas component

3. 天然ガス自動車

3.1 天然ガス自動車の種類と構造



世界で走行している車は、殆ど全てバイ・フューエル車である²⁾(図2)。

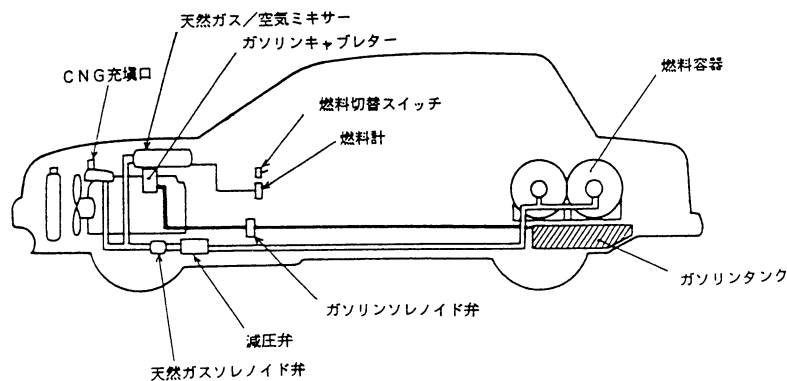


図2 天然ガス/ガソリン バイ・フューエル車の概念図²⁾
Concept of bifuel (natural gas/gasoline) vehicle

3.2 海外における普及状況

世界の天然ガス自動車、CNG 充填所の普及状況を表3に示す。

天然ガス産出国では、石油の輸入を減らし自国産のエネルギー活用の観点から天然ガス自動車が見直そうという機運が高まり、ディーゼル車の天然ガス転換が積極的に検討されるようになって来た。一応、テスト段階が終了して、どのように市場に導入しようかという段階に来ている。

アメリカでは、1992年にGMCがピックアップ・トラックを、クライスラーがミニバンをメーカーブランドで販売を開始した。

3.3 わが国における普及状況

わが国における天然ガス自動車、充填所の普及状況を表4に示す。

日本においても、1947年に新潟で天然ガス燃料のバスが走り始め、新潟交通では、1961年には545台のバスが町を走行していた。その後、採掘による地盤沈下問題や、性能の良いディーゼル・バスが登場し、1971年に姿を消した。戦後、石油が不足していた時代には、このように新潟だけでなく、岩手、千葉等の国産の天然ガスが産出する地域では、天然ガス自動車を利用されていたようである。その後天然ガス自動車の実使用は途絶えていたが、1982年に東京ガスが天然ガス自動車の開発に着手した。

また、日本の都市ガスの天然ガス転換が進み、現在では、東京ガス、大阪ガス区域は全て天然ガスが供給されており、東邦ガス区域も近々完了する予定であり、西部ガス区域も転換が進んでいるところである。

一方、東京、神奈川、大阪地区の大気環境汚染状況は、環境基準を上回ったままで改善されていない。

このような状況に鑑みて、各ガス会社が、(社)日本ガス協会場で一致協力して、天然ガス自動車の開発、普及促進に取り組んでいるところである。(図3)



図3 小型バスを改造した環境測定車
Vehicle developed for measurement of the environment (reformed small-sized bus)

IANGV-90統計による

国	名	天然ガス自動車台数	C N G 充 填 所 数
旧ソ連		315,000	339
イタリア		230,000	240
アルゼンチン		62,224	98
ニュージーランド		45,000	400
米 国		30,000	275
カナダ		28,000	120
その他の		約 5,000	約 50
合 計		約715,000	約1,520

表3 世界の天然ガス自動車、CNG 充填所普及状況
Number of natural gas vehicles and CNG refueling stations in the world

(平成4年9月末)

	東京ガス	大阪ガス	東邦ガス	西部ガス	合 計
小形貨物	1	1	2	—	4
乗 用 車	1	4	—	—	5
小 型 バ ン	33	15	6	2	56
原付自動車	2	—	—	—	2
小 型 バ ス	—	1	—	—	1
自動車合計	37	21	8	2	68
充 填 所	2	2	1	1	6

表4 わが国における天然ガス自動車、CNG 充填所の普及状況
Number of natural gas vehicles and CNG refueling station in Japan

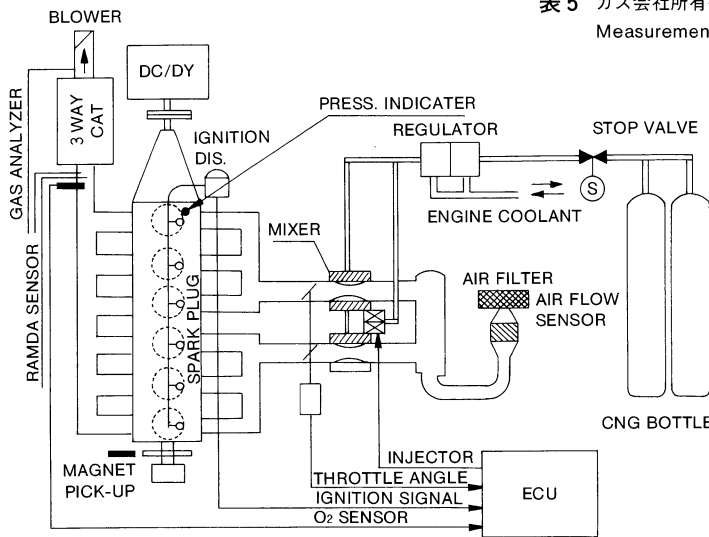
3.4 天然ガス自動車実用化調査事業(通産省補助事業)

(社)日本ガス協会は、1990年から通産省の「天然ガス自動車実用化調査事業」を受託し、海外調査(開発状況・普及状況等)、関係法規の整理、低公害性の確認、自治体向けフリート実証テスト、普及シナリオの作成等の活動を行っている。その活動の中から、(財)日本自動車研究所において測定された³⁾、ガス会社が所有の小型ライトバンの排ガス測定結果(表5)と、11.7ℓのディーゼルエンジンを改造した天然ガスエンジン(オットーサイクル)(図4(A))の13モード排ガス測定結果(図4(B))を紹介する。

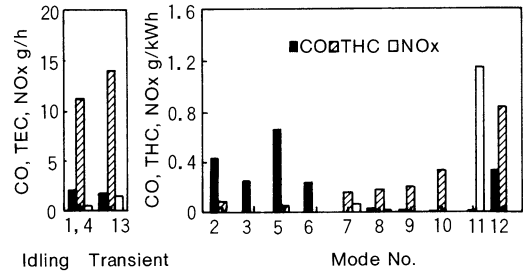
(1500ccライトバン 初期値)				(g/km)			
10モード	THC	CO	NOx	11モード	THC	CO	NOx
規制値	0.39	2.70	0.48	規制値	9.50	85.0	6.00
(平均値)	(0.25)	(2.10)	(0.25)	(平均値)	(7.00)	(60.0)	(4.40)
測定値	A車 0.05	0.15	0.04	測定値	A車 2.46	10.45	3.88
	B車 0.22	0.44	0.02		B車 1.40	2.00	2.96
	C車 0.12	0.05	0.03		C車 6.02	5.63	2.11

表5 ガス会社所有のCNG自動車の排ガス測定結果

Measurement result of exhaust gas of CNG vehicle possessed gas companies



(A) エンジンの概要
Engine schematic



(B) 13モードでの排ガス測定結果
Measurement result of exhaust gas (by 13 modes display)

図4 CNG改造大型ディーゼルエンジンの概要と排ガス測定結果³⁾

Schematic of CNG reformed large-sized diesel engine and measurement result of exhaust gas

4. 天然ガス充填設備

天然ガス充填設備には、表6のような種類が有り、用途により使い分けがされている。

充填設備の形式		特 徴
急速充填システム	急速充填所	2～3分の短時間で充填が完了する。 圧縮機と蓄圧器を有している。 パブリックステーションはこの形式である。
	マザー-ドーター充填所	親(マザー)充填所と子(ドーター)充填所から成り、パイプラインや充填設備のない場所で充填を行うため、親充填所で圧縮ガスを容器に詰めて、子充填所に運搬し、そこで供給する。
時間充填システム	時間充填所	2～5時間の長時間で充填する(夜間充填が主)。 蓄圧器が無く、圧縮器から直接充填をする。 プライベートステーションはこの形式が多い。
	小型充填ユニット	車両1台用の超小型圧縮器で、少数の車両の場合に、駐車場に車両数だけ設置し、直接充填する。 カナダ、米国では各家庭で自家用車に充填している。

表6 充填設備の形式と特徴

Types and features of gas refueling equipment

5. 天然ガス自動車導入のターゲット

我々は、天然ガス自動車導入のターゲットとして、都市内トラック・バス(ディーゼル車)をメインターゲットとして考え、都市内業務用車両をサブターゲットと考えている。この理由は、

- ① 1日の走行距離が短い。
- ② 走行エリアが限られており、少数の充填所でも運行が可能である。
- ③ これらの車は、停止・発進が頻繁で環境負荷も大きいので、環境改善効果も大きい。
- ④ 事業主体が自治体、運送事業者等で、協力が得やすく、PR効果も大きい。

6. 法体系の整備

日本では、LPG自動車はかなりの実績が有るが、天然ガスを200kg/cm²に圧縮して貯蔵する天然ガス自動車については、実績が無いため、技術基準や法体系が整備されておらず、この整備が急務である。

自動車については、「道路運送車両法」、「高圧ガス取締法」が関係し、充填所については、「高圧ガス取締法」、「消防法」、「建築基準法」、「労働安全衛生法」が関係している。

また、普及段階にあっては、燃料価格と言う観点から、「ガス事業法」も関係してくると思われる。

7. あとがき

天然ガス自動車の普及促進に当たっては、コストの安い天然ガス自動車の生産と天然ガス充填所のインフラ整備がバランス良く進められなければならない。そのため、自動車メーカーさんの積極的な参加と、我々エネルギー供給事業者は、充填所インフラ整備が進みやすい環境作りに努力しなければならない。

参考文献

- 1) 平成2年度資源エネルギー庁補助事業「天然ガス自動車実用化調査報告書」、日本ガス協会(平成3年3月)
- 2) 平成2年度資源エネルギー庁補助事業「天然ガス自動車実用化調査報告書」、日本ガス協会(平成3年3月)
- 3) 平成3年度資源エネルギー庁補助事業「天然ガス自動車実用化調査報告書」、日本ガス協会(平成4年3月)



中川 二三雄

Fumio Nakagawa

大阪ガス株式会社
天然ガスプロジェクト部長

電気自動車の開発

Development of Electric Vehicles

北村 晏一*

Yasuichi Kitamura

要旨

電気自動車は、充電走行距離が短い、充電に長時間を必要とするなどの車載エネルギーにまつわる欠点を持ってはいるが、環境保全に対しては種々の優れた特徴を持っているため大きな期待が寄せられている。

カリフォルニア州では1998年モデルから電気自動車の一定割合販売義務づけを決定しており、わが国では通産省が2000年に20万台の電気自動車を普及させることを目標とした「電気自動車普及計画」を策定している。

本稿では、このように注目されている電気自動車の特徴をはじめ、現在の開発状況、技術動向と課題、政府・業界の普及促進の状況等について紹介する。

Abstract

Electric vehicles (EVs) have some disadvantages, short range and long recharging time, but otherwise, they have many advantage, zero tailpipe emissions, ultra low noise and so on. Environmental and energy security concerns are speeding the pace of EV development and commercialization. The State of California, for example, legislated that 2% of all vehicles sold in the state in 1998 have zero tailpipe emissions, and increasing to 10% by the year 2003. In Japan, "The EV Market Expansion Program" was made out by the EV Council set up at the Machinery and Information Division of Ministry of International Trade and Industry (MITI). This report describes the characteristics of EVs and the present condition, that is R&D, government activities and global trends of EV field.

1. はじめに

実用電気自動車がこの世に出現したのは、ガソリン自動車よりも12年早く、1873年のことである。

わが国では1930～1940年代、ガソリンの厳しい統制もあって電気自動車の全盛時代があった。

1970年代、電気自動車はモータリゼーションに伴う都市公害とエネルギー危機に対する省エネ・省石油という観点から注目され、通産省の大型プロジェクト制度による国家的規模での研究開発も行われた。

* ダイハツ工業株式会社

1980年代は電気自動車の注目度も低下したが、1990年代にはいってからは、

都市公害対策に加えて地球規模での環境保全が重要な課題となり、それぞれに特色のある低公害車の中でも、電気自動車はゼロエミッションであることから、大きな期待が寄せられている。

カリフォルニア州では都市部における大気汚染の逼迫した状況に対し、その対策のひとつとして1998年モデルから一定割合のZEV (Zero Emission Vehicle = 電気自動車)の販売を義務付けることを決定している。

わが国においても、1991年10月に通産省が、2000年に20万台の電気自動車を普及させることを目標とした「電気自動車普及計画」を策定した。

電気自動車は過去のような一過性の時代の要求ではなく、本格的な普及をめざした開発に取り組みざるを得ない時代に入ったものと考えられる。

本稿では、このように注目されている電気自動車の特徴をはじめ、現在の開発状況、技術動向と課題、政府・業界の普及促進の動向等について紹介する。

2. 電気自動車の特徴

電気自動車は、電池性能にまつわる多くの短所を持っているが、低公害であるとともにエネルギー面での有利さ、将来性があるといった環境保全に対する優れた特徴を持っている(表1)。

技術面では電池の諸性能向上が最大の課題である。

2.1 環境保全

都市公害においては窒素酸化物 NO_x の増加が、地球的規模の温暖化においては CO₂ の増加がそれぞれの環境問題の元凶とされている。

電気自動車は走行中の排出ガスは全くなく、充電に使用する電力の発電所における排出ガスを考慮しても、他の低公害車よりも低公害である(表2)。

車種	(g/km)	
	CO ₂	NO _x
ガソリン車(ガソリン/原油)	320	0.49
ディーゼル車(軽油/原油)	263	0.91
メタノール車(メタノール/天然ガス)	257	0.23
CNG車(CNG/天然ガス)	226	0.23
水素自動車(水素/天然ガス)	246	—
水素自動車(水素/水電解)	0	—
電気自動車(1988年燃焼構成)	130	0.023

〈CO₂〉

1. 車種は小型バン
2. 走行に必要なエネルギーは車種にかかわらず 140kcal/km と仮定

〈NO_x〉

1. 車種は中型トラック
2. ガソリン車、ディーゼル車は規制値の70%と仮定
3. EVは1988年の燃料種別発電電力量の構成比で加重平均

表2 排出ガス比較¹⁾
Exhaust gas by engine type

また、騒音については電気自動車に使われる電動機は原理的に単純な回転運動だけであることから、他のエンジンに比べて非常に小さい(表3)。

長所	短所
排ガスがない	航続距離が短い
騒音が小さい	動力性能が低い
振動が小さい	充電時間が長い
エネルギー源の多様化が図れる	電池寿命が短い
電力の平準化に寄与する	電池の保守が面倒
制御が簡単	電池残容量が不明確
車両デザインの自由度が大きい	価格が高い

表1 電気自動車の長所・短所
Advantages and disadvantages of electric vehicles

区分		単位: dB(A)			
		ガソリン車		電気自動車	
		車外	車内	車外	車内
定速	35km/h (3速)	69	73	65	67
	50km/h (4速)	69	70	66	70
加速	35km/h (3速)	75	81	66	72
	50km/h (4速)	72	76	66	71

表3 騒音比較(軽貨物自動車の例)²⁾
Noise (compared by a light truck)

2.2 エネルギー

電気自動車は、エネルギー源の多様化(セキュリティ)、夜間電力使用による電力負荷平準化(コスト)、アメニティ向上(ニーズ適合性)等「21世紀のエネルギービジョン」に対しても優れた適応性をもっている³⁾。

2.3 将来性

電気自動車の速度制御は、電圧や電流あるいは周波数といったすべて電氣的な信号によって行われるため、内燃機関自動車に比べてその自動化ははるかに容易であり、低公害でかつ自動速度制御等を必要とする新しい交通システムに対して電気自動車は非常に有効であると考えられる。

3. 普及・開発状況と課題

3.1 普及状況

わが国には電動車両が約14万5千台あるといわれているが、一般の公道を走行する(オンロード車)いわゆる電気自動車とよべるものは約950台(原付除く)使われている。その内600台余りは軽のキャブオーババンであり、官公庁、自治体の車両、電力会社におけるサービスカー、パトロールカー、一般企業の業務連絡車として使用されている(表4、表5)。

3.2 最近の電気自動車開発状況

この数年来、種々の電気自動車開発の発表が相次いでいる(表6)。

1990年にGMが高性能試作車「インパクト」を発表して以来、新日鉄、東京電力などカーメーカ以外も、最新の技術でどこまで高性能化が図れるかを示す種々の高性能試作車を発表している。実用性、価格面等にまだ解決すべき課題を含んでおり、近い将来の実用化は困難であろうが、将来の電気自動車の夢や可能性を示している。

単位：台

種	類	台数
普通車	乗用	1
	貨物	14
小型車	乗用	33
	貨物	4
乗合車		2
特殊用途車(ごみ収集車等)		16
軽三輪		254
軽四輪	乗用	17
	貨物	618
原付自転車		105
合計		1064

1990年3月末現在
 財自動車検査登録協会統計資料
 および財日本電動車両協会調べ

表4 電気自動車保有台数
 Number of electric vehicles being used

納入先	台数(台)	割合(%)
県・市町村	107	39
公共団体	59	22
電力会社	37	13
運送業	19	7
電池・電機	17	6
食品配達	15	6
一般企業	13	5
百貨店	5	2
合計	272	100

(軽のキャブオーババン
 ダイハツハイゼットバン '90/1~'92/3)

表5 納入先分野
 Classification of users

区分	車種	電池	航続距離(km)	最高速度(km/h)	電動機	備考
高性能試作車	インパクト (GM)	密閉鉛	200	160	AC	前2輪ホイールモータ
	NAV (新日鉄)	鉛	240	110	DCブラシレス	4輪ホイールモータ
	カローラII (アイシンAW)	鉛	200	120	DCブラシレス	4輪ホイールモータ
	IZA (東京電力)	Ni-Cd	548	176	DCブラシレス	4輪ホイールモータ
	FEV (日産)	Ni-Cd	250	130	AC	超急速充電
	ランサー (三菱・東京電力)	Ni-Cd	200	110	DC分巻	
	マイルド (東北電力)	鉄-Ni	200	90	DC分巻	寒冷地向EV
ミニ試作車	BC-7 (ダイハツ・関西電力)	鉛	100	45	DC直巻	(実用試作車)
	ドリームミニ (中部電力)	Ni-Cd	120	80	DCブラシレス	後2輪ホイールモータ
	スクータ (東京R&D)	密閉鉛	60	53	DCブラシレス	
	スクータ (東京R&D)	密閉鉛	50	42	DCブラシレス	
市販車	スクータ (ホンダ)	Ni-Zn	80	60	DCブラシレス	
	ハイゼットバン (ダイハツ)	鉛	100	75	DC分巻	'91年度約220台
	エブリイバン (スズキ)	鉛	120	70	DC分巻	'91年度約45台
	タウンエースバン (トヨタ・中部電力)	Ni-Cd	160	85	AC	(実用試作車)
実用試作車	ラガーワゴン (ダイハツ)	鉛	145	85	AC	'91年度14台モータ
	HIMRハイブリッドバス (日野)	鉛	200	90	DC分巻	'90年度26台
	セドリック (日産)	密閉鉛	120	100	AC	'91秋~6台運行
	ごみ収集車 (富士)	鉛	60	59	DC分巻	(実用車)
	エルフ (いすゞ・生協)	鉛	100	110	DC分巻	(試作車)
	ラルゴバン (日産・九州電力)	鉛	150	84	DC分巻	(実用車)
ボンゴ放送車 (マツダ)	鉛	80	75	DC分巻	(実用車)	

表6 最新電気自動車の性能
 Specifications for the latest model of electric vehicle

電池性能がまだまだ低い状況の中で電気自動車の実用化を考えると、2輪車を含む超小型電気自動車の分野に早期実用化の可能性が見出せる。この観点から、ダイハツBC-7(花博で実用化)をはじめ、この分野での試作が行われている。

1970年代に、京都の市営バス(三菱)、京都福知山市にある長田野工業団地のマイクロバス(ダイハツ)、朝日新聞社の2トン積みハイブリッドトラック(ダイハツ)等が試験的運行や実用運行したが、主に費用の面から現在まで継続するには至っていない。

日野自動車工業が1990年に発表したハイブリッドバス「HIMR」は'91年秋から東京、大阪、京都、奈良等で合計6台のモニター運行が進められている。

純電気自動車で大形車を考えると、その搭載電池は莫大な量になることから、大形車の電気自動車化は困難であり、ハイブリッド化の方向で開発が進められるものと思われる。

1991年度にオンロード実用電気自動車として生産・販売されたのは、ダイハツのハイゼットバンが約220台、ラガーが1台、そしてスズキのエブリイバンが約45台である。このほかトヨタのタウンエースバンが14台官公庁でモニター使用されている。

現在最も台数の多い軽キャブオーババンについての経済性比較を表7に示す。

単位：千円

項目	電気自動車	ガソリン車	備考
取得費			
車両価格	2400	800	
自動車取得税	24	24	電気自動車1% ガソリン車3%
充電器	260	0	
合計	2684	824	
年間維持費			
電池交換費	120	0	電池交換2年毎
燃料費	41	156	
一般修理代	35	45	
税金	8	8	自動車税・重量税
自賠責保険	27	27	
合計	231	236	

年間走行距離12000km、6年間使用を前提

表7 経済性比較(軽キャブバン)⁴⁾
Cost of acquisition and maintenance
(comparison by light cab-van)

3.3 技術動向と課題

(1) 車両全体

実用電気自動車については、ゴルフカーや遊覧車といった比較的簡単な構造の車は専用のボデー構造であるが、オンロード車は価格面から全て量産のガソリン車をベースにした改造車であり、当面はこの改造車が主流になるであろう。電気自動車としての専用最適設計車両が望ましいが、普及の見込みが明確でない現在、実現はまだ困難な状況にある。

(2) 電動機・制御装置

電動機は直流電動機と交流電動機の2つの方向性を持っているが、それぞれ長短があり、まだ当面は両方式とも使用されていくものと考えられる。

高性能プロトタイプ車では、モータを扁平にして車輪の中に組み込んでしまう、いわゆるホイールモータが多く採用されている。電気自動車特有の構造として将来性はあるが、耐久信頼性と価格面において、実用化はまだ少し先のことと考えられる。

(3) 電池

現在、実用電気自動車に搭載されている電池はすべて鉛電池である。

性能に限界がある鉛電池に代わる電池として種々の新種電池の開発が進められているが、実用化に至るまでにはまだ多くの解決すべき課題を含んでいる。したがって、今後とも、コスト、耐久信頼性、安全性等の面から、この鉛電池が主流になるものと考えられる。

環境保護とエネルギーの面から太陽電池が注目を集めているが、実用電気自動車への搭載応用については将来的にもごく補助的なものに限られるであろう。ただし、充電装置の一部としての地上設置型太陽電池は、将来有効利用されるものとして期待は大きい。

(4) 冷暖房装置

少ない限られた電気エネルギーしかもっていない電気自動車にとって冷暖房

装置の消費電力の影響は非常に大きく、電力消費の少ない電気自動車専用の冷暖房装置の開発が必要である。

(5)ハイブリッド車

2種類以上の動力源やエネルギー源をもつ車のことをハイブリッド車とよぶが、一般的にいわれているハイブリッド車はエンジンとモータを搭載した車のことをいう。高性能な電池が出現するまでは、このハイブリッド車がひとつの有望な低公害車になると考えられる。

(6)各種計測器

電気自動車と内燃機関自動車との違いは基本的には電動機、制御装置、電池など電気自動車専用の電気コンポーネントにある。電気自動車開発に必要な試験装置、計測器としては、小～大電源装置をはじめ、高電圧・高電流(AC/DC, 含. 電流量)測定器、電力測定器(AC/DC, 数w～数十kw, 回生)、周波数測定器(チョッパ, インバータ)など電圧・電流に関する測定装置、電波雑音、電磁波ノイズ、電磁振動、磁界(強)など磁界に関する測定・分析装置、そして各種新種電池開発における化学分析、ガス分析装置等である。今後、自動車メーカー、電装品メーカー各社における種々の方式の電気コンポーネントの開発が活発化すれば、これらの計測器に対しても種々の要求が出てくるものと考えられる。

4. 普及に向けて

官公庁においては、通産省、環境庁、運輸省を中心に各省庁をはじめ、地方自治体も電気自動車の普及には積極的に取り組み始めている(表8)。

通産省	<ul style="list-style-type: none"> ・「財日本電動車両協会」研究、開発、普及推進 '91年度事業総額 436百万円 ・「電気自動車普及計画」 2000年のEV保有台数を20万台 2000年の年間生産台数を10万台
環境庁	<ul style="list-style-type: none"> ・「EV導入補助」 '91年度152台(191百万円)
運輸省	<ul style="list-style-type: none"> ・「EV開発助成」 '91年度54百万円 ハイブリッドバス6台のモニタテスト ・「基準設定」への検討着手 大量普及実現を目指した具体的な車両評価システムおよび安全・公害に関する基準設定
他省庁	<ul style="list-style-type: none"> ・(自治)(建設)(郵政)等EV普及に積極的
東京都	<ul style="list-style-type: none"> ・「低公害車普及促進検討委員会」設置('90.12) ・「自動車公害防止計画」低公害車の普及方針(普及目標の設定) ・EVモニタ調査 '91年度29台
大阪市	<ul style="list-style-type: none"> ・「EVコミュニティ協議会」ダイハツ、関電、GS他 急速充電スタンド10ヶ所設置予定、60台のEVをリース 将来の充電インフラ像を模索 '91年度～3ヵ年計画
横浜市	<ul style="list-style-type: none"> ・「ゴミ収集車」4台の使用
神奈川県	<ul style="list-style-type: none"> ・12自治体で41台のEV購入予定
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・中央官庁の動きに合わせて、各市町村もEV導入に積極的

表8 普及促進、開発の動向(官公庁)
Trend of promotion and development by the government and municipal offices

通産省は昭和46年度から5カ年の工業技術院による大型プロジェクト終了後、昭和51年8月設立の「(財)日本電動車両協会」を通じて、同省の諮問機関である「電気自動車協議会」の指導のもとに、電動車両の研究開発および普及促進施策の推進と、これらの利用システムの試験、調査研究を組織的におこなってきている。なかでも「電気自動車試用制度」では、昭和53年度の創設以来これま

で、オンロード車，オフロード車合わせて400台余りをリース導入してきた。また，電気自動車協議会は1991年10月に第3次の「電気自動車普及計画」を策定したが，2000年までに20万台の電気自動車を普及させることを目標としている（表9）。

電力業界においては，各電力会社ともに，自動車メーカーと共同で，あるいは独自に電気自動車の研究開発を行なうとともに実用車の利用に非常に積極的である。

自動車業界においては，電気自動車に対する期待の高まりとともに，カリフォルニア州のZEV（電気自動車）導入義務付けが大きなインパクトとなり各社とも電気自動車の開発に拍車がかかっている。

[単位：千台]

年 度	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	2000
生産台数	0.3	0.6	1.4	4	7	10	14	25	55	100
保有台数	1.1	1.5	2.7	6.5	13	23	36	60	110	200
普及重点分野	国、地方自治体、公共団体等			公益事業、物流、小売り・サービス業他一般企業等				一般ユーザ		

(通商産業省機械情報産業局)

表9 電気自動車普及計画⁴⁾
The EV market expansion program

5. まとめ

電気自動車は種々の低公害車のなかでも将来的に最も有望と考えられ，都市内等での限定用途を前提とすれば現在の鉛電池でも実用化可能な電気自動車は成立するものと考えられる。電気自動車は将来においても「地域の交通体系の中で低公害化の役割を果たしていく」ものであり，その普及に対しては，新しい使い方，その用途に適した電気自動車をハード，ソフト両面からどのように創り出すかがひとつのキーポイントになるものと思われる。

引用文献

- 1) 総合研究開発機構：「NIRA 研究叢書」 NO.910075('91.5)
- 2) (財)日本電動車両協会：小冊子「ELECTRIC VEHICLE」
- 3) IAE：電気自動車の開発・普及に関する活動状況調査報告書('91年度)
- 4) 電気自動車協議会：「電気自動車普及計画」



北村晏一

Yasuichi Kitamura
ダイハツ工業株式会社
電気自動車事業部 課長

フーリエ変換赤外分光法を用いた自動車排出ガス分析

Automotive Emission Analysis Using FTIR

加地 浩成*・山岸 豊

Hironari Kachi, Yutaka Yamagishi

要旨

フーリエ変換赤外分光法 (FTIR) は多くのガス成分を同時にリアルタイムに分析できるという従来の分析法にはない特徴をもっており、今後、ますます厳しくなる大気環境問題への対応に有効な測定方法としての発展が期待できる。本稿では、FTIR を用いた自動車排出ガス分析計について、その原理・構成を述べ、さらに、FTIR と従来法との比較、及び各種自動車排出ガスの測定例などを紹介する。

Abstract

FTIR allows many gas components to be analyzed simultaneously in real time. This feature has never been available before on any other analyzer. FTIR has been developed as an effective analysis method to meet future environmental needs, which are anticipated to become even more severe. This paper describes the principle and configuration of Horiba's FTIR-type automotive emission analyzer. Also included is a comparison between FTIR and conventional methods, with examples using the system to make measurements of automotive emission.

1. はじめに

近年、地域的あるいは地球規模の環境問題に世界的な関心が寄せられている。自動車排出ガスの環境問題に対する社会的な要求も大きく、燃費低減と排出ガスの制御という課題のもとで、燃料の面からは、従来の燃料の改良に加えて、代替、低公害燃料とされるメタノール燃料車、CNG 燃料車などの開発が行われている。また、新しいエンジン技術を利用した低燃費、低公害エンジンの開発や後処理技術としての NO_x 処理触媒等の研究開発が行われている。このような状況のもとで排出ガス測定に対する要求も高度化しており、これまで測定が困難であった環境・健康影響上重要な成分の測定も求められている。例えば、ホルムアルデヒド、メタノール、光化学活性炭化水素成分、温暖化ガスとしてのメタン、亜酸化窒素 (N₂O) 等があげられる。

* 財団法人 日本自動車研究所

従来の分析計は、水素炎イオン化法 (Flame Ionization Detection : FID) のよう

に全炭化水素(Total Hydrocarbon: THC)を測定するか、単一成分を測定対象とするのに対して、フーリエ変換赤外分光法(Fourier Transform Infrared Spectroscopy: FTIR)は原理的に赤外線吸収するあらゆる低分子量気相化合物の測定ができるために多成分連続分析計としてのポテンシャルを有しており、その動向が注目されている。欧州では、FTIRを直接排出ガスの時間分解測定と定容量試料採取装置(Constant Volume Sampler: CVS)による希釈ガス測定を一台で出来る多成分連続分析計として開発が進められている。米国においては、メタノール等の代替燃料車からの未規制成分の連続測定に使用するための研究が行われ、その成果をもとにした装置化も行われている。米国環境保護庁ではプロトタイプFTIRについて評価実験を行い、開発要素はまだあるものの、従来の分析計にはない特徴を多く有していると報告している。日本ではFTIRを用いた自動車排出ガス分析計を掘場製作所が開発し、製品化している。

本稿では、FTIR方式の自動車排出ガス分析計について、その原理、構成及び測定例について述べる。

2. FTIRの原理と分析計の構成

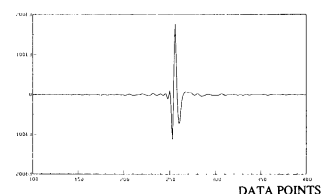
FTIRの測定原理と掘場製作所のFTIR方式の自動車排出ガス分析計MEXA-2000FTの構成を以下に述べる。

2.1 FTIRの原理と濃度演算

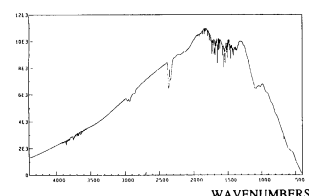
FTIRはマイケルソン干渉計などを用い、干渉分光法により赤外吸収スペクトルを測定して、濃度分析を行う分析法である。

図1(A)は分析部の検出器からの実際の信号を示しており、インターフェログラムと呼ばれている。横軸は干渉計の移動鏡の位置である。このインターフェログラムをフーリエ変換すると、図1(B)のワースペクトルが得られる。ワースペクトルの横軸は波数で、その形状はサンプルセルで吸収された赤外光の強度分布に検出器の感度分布を掛け合わせたものとなる。図中には分析部光学系内に存在している二酸化炭素(CO₂)と水の吸収が見られる。

吸収スペクトルを得るための測定の流れを図2に示す。ガスセル中でサンプル



(A) インターフェログラム
Interferogram



(B) ワースペクトル
Power spectrum

図1 インターフェログラムとワースペクトル
Interferogram and power spectrum

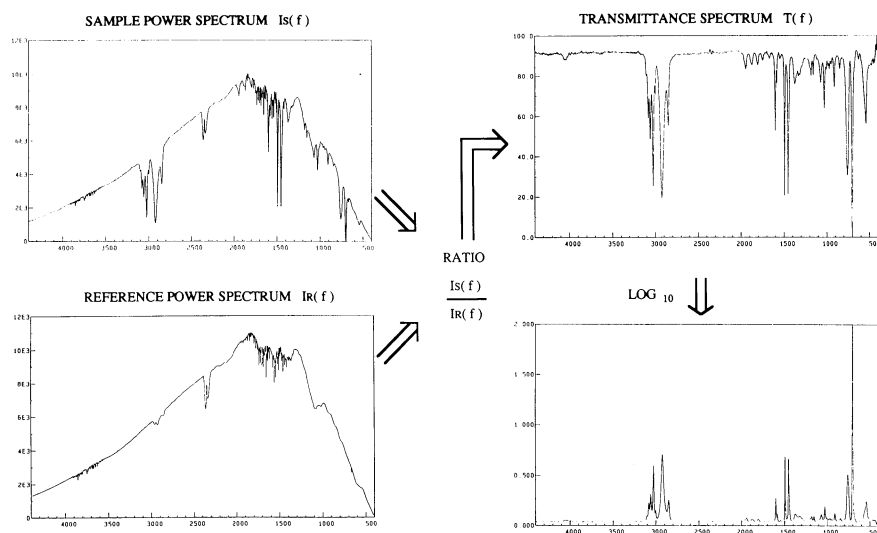


図2 吸収スペクトルを得る測定の流れ
Measurement processes used in obtaining the absorption spectrum

ルガスによる吸収がない場合をリファレンスペクトルとし、サンプルガスによる吸収がある場合をサンプルスペクトルとする。これらの2つのパワースペクトルの比から透過率スペクトルを求め、その対数をとることにより吸光度スペクトルを得る。

ランバート・ベールの法則によれば、サンプル中の成分濃度は吸光度に比例するため、吸光度スペクトル中の個々の波数のピークの高さからサンプルガス成分の濃度を求めることができる。この関係のある成分についてみると以下のように表される。

$$A(\nu) = C \alpha(\nu) \dots\dots\dots (1)$$

ここで $A(\nu)$ は波数 ν でのある成分の吸光度、 C はその濃度、 $\alpha(\nu)$ は単位濃度の吸光度である。実際の排出ガス中には赤外線を吸収する多くのガス成分が共存しているため、個々の成分に固有でかつ他の成分の吸収のないピークは少なく、多くのピークは他の成分と吸収が重なっている。これらの吸収の重なったピークでは、共存成分ガスの吸収ピーク高さの総和として得られたものが実測される吸光度スペクトルである。複数の成分の吸収が重なり合っている場合、

(1)式は

$$A(\nu) = \sum C_i \alpha_i(\nu) \dots\dots\dots (2)$$

という単なる線形結合で表される。ここで C_i 、 $\alpha_i(\nu)$ はそれぞれ各成分濃度及び各吸収スペクトルである。(2)式を別の波数点 ν_j に適用して以下の式が得られる。

$$A(\nu_j) = \sum C_i \alpha_i(\nu_j) \dots\dots\dots (3)$$

連立一次方程式(3)を解くことにより、個々の成分濃度を求めることが可能となる。実際の分析計では、フーリエ変換から各成分の濃度を求めるまでの一連の過程はコンピュータで処理され、3秒間隔で連続して濃度値が出力される。

表1に測定成分とその濃度範囲を示す。

測定対象成分	濃度範囲(ppm)
一酸化炭素	0-200/2000/30000
二酸化炭素	0-2%/10%
一酸化窒素	0-400/2000
二酸化窒素	0-100
亜酸化炭素	0-100
水	0-15
アンモニア	0-200
二酸化硫黄	0-500
ホルムアルデヒド	0-100/1000
アセトアルデヒド	0-100
メタノール	0-200/2000
エタノール	0-100
アセトン	0-100
MTBE	0-100
蟻酸	0-50
メタン	0-500
エチレン	0-100
エタン	0-100
プロピレン	0-100
1,3-ブタジエン	0-100
イソプレン	0-100
ベンゼン	0-500
トルエン	0-500

表1 MEXA-2000FTの測定成分と測定範囲
MEXA200FT : Measuring components and ranges

2.2 FTIR方式の自動車排出ガス分析計の構成

分析計は分析部、濃度演算用コンピュータ及びサンプリング部より構成されている。以下にその概要を示す。

(1)分析部の構成

分析部光学系の構成を図3に示す。光源から出た光は集光され、放物面鏡で

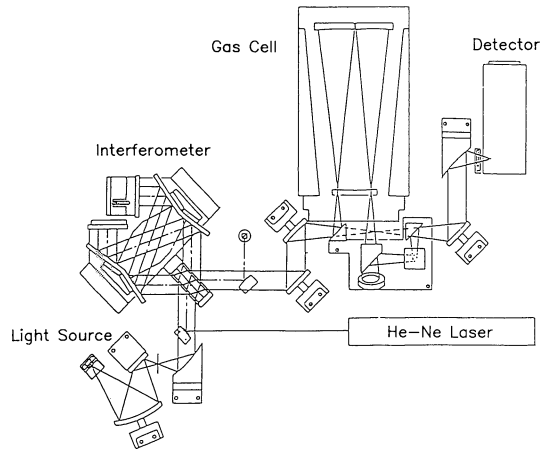


図3 MEXA-2000FTの光学系
MEXA-2000FT optical system

平行光に変換されて回転型干渉計に入射する。干渉計で変調を受けた赤外光は、ガスセルおよび収差補正光学系を通過し検出器に導かれる。干渉計の分解能は 0.25cm^{-1} 、移動鏡スキャン速度は3秒/スキャンで、検出器は水銀カドミウムテルル(MCT)を使用している。ガスセルは容積 1.8l 、光路長は 10m の多重反射型で、内部での水の結露を防ぐため 80°C に加熱温調している。また、ガスセル内部にはフローコンディショナーを設け、サンプルガスの流れを直線的にしてガス置換速度の向上を図った。応答性を高速応答型ガス分析計を用いて計測したものが図4である。セル内部のガスの90%が置換するのに必要な時間は、フローコンディショナーがない時には10秒以上であったものが、6~7秒に短縮された。

(2) サンプリング部の構成

つぎにサンプリング部のフローを図5に示す。サンプリング部では、加熱吸引サンプリングを採用して水分の結露及びそれにとまらうホルムアルデヒドやメタノールなどの水溶性成分の吸着を防止する必要がある。そのため、サンプルラインは最高 120°C まで加熱温調可能とし、後段に設けたポンプでサンプルを吸引してガスセルに導いている。ガスセルの内部圧力は 85kPa に自動的に制御し、ガス流量は $20\text{l}/\text{min}$ である。排出ガスの採取はCVSもしくは、定希積率(3段階可変)の直接希積装置を用いた希積サンプリング方式である。

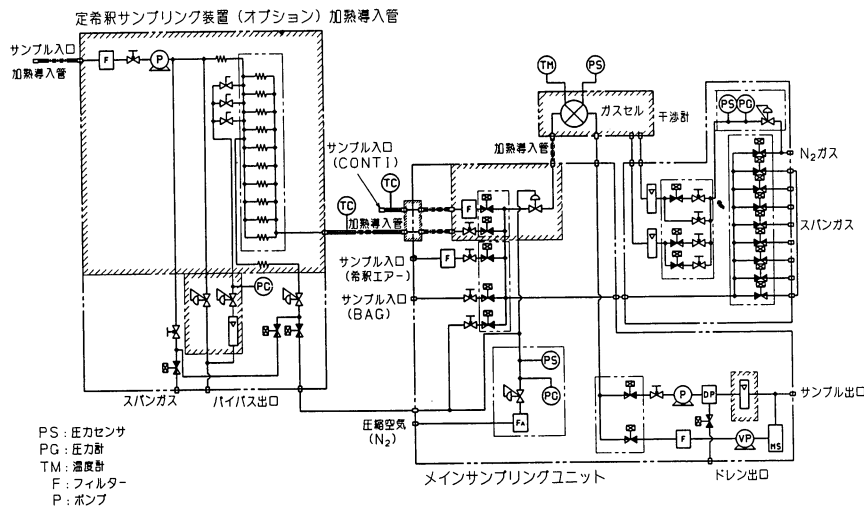


図5 MEXA-2000FTのガスフロー
MEXA-2000FT gas-flow schematics

3. 自動車排出ガスの測定例

FTIRは現在、自動車排出ガスの測定へ適用されるとともに評価及び改良が行われている。ここでは、いくつかの測定例をのべる。

3.1 FTIRと従来法との比較

図6はFTIRと従来法との比較実験のための計測システムの概略を示す。サンプリングはCVSによる希積サンプリング(流量 $9.0\text{m}^3/\text{min}$)である。走行モードはLA-4モードのコールドトランジェント(CT, 0~505s)である。図7に走行パターンのチャートを示す。

(1) CO, CO₂, NOの測定

図8にFTIRによる自動車排出ガスの連続測定結果と、従来より用いられて

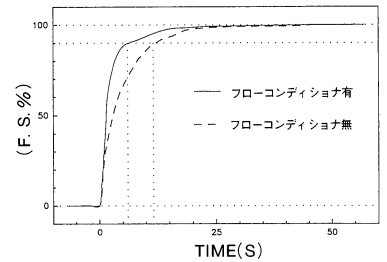


図4 セルのガス置換速度
Substitution rate of sample gas in the cell

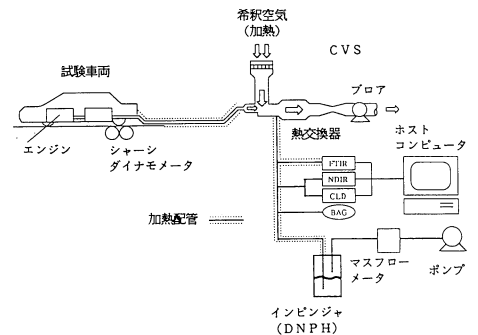


図6 自動車排出ガス分析システム¹⁾
Exhaust gas analyzing system

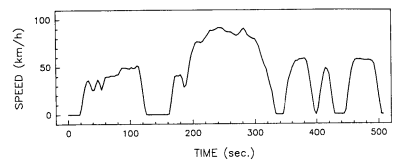


図7 排出ガス試験の運転モード(LA-4CT)¹⁾
Driving cycle (LA-4CT)

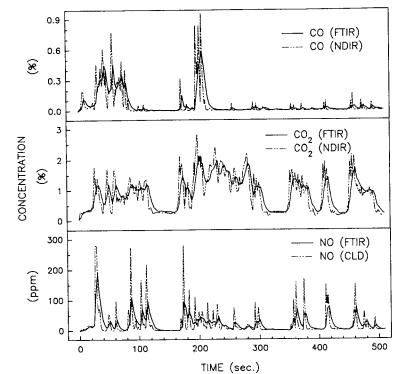


図8 FTIR法と従来法によるCO, CO₂, NOの測定結果の比較(連続測定)¹⁾
Results of CO, CO₂ and NO by (1) FTIR and by (2) conventional continuous sampling methods

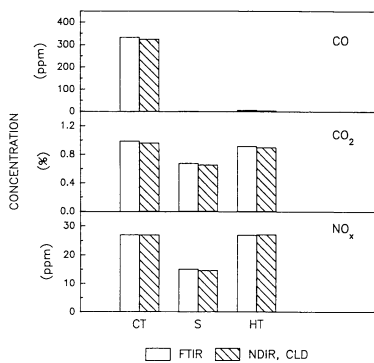
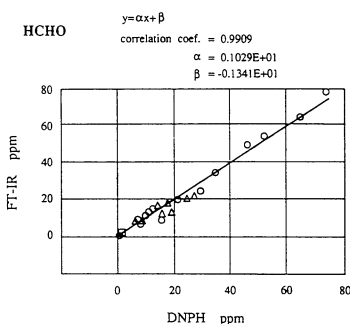
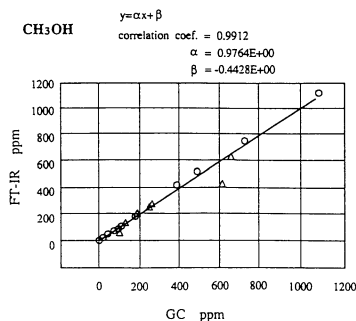


図9 FTIR法と従来法によるCO, CO₂, NO_xの測定結果の比較(バッグ測定)¹⁾
Results of CO, CO₂ and NO_x by (1) FTIR and by (2) conventional bags sampling methods



(A) DNP法との比較(HCHO)
Correlation with DNP method on HCHO



(B) GC法との比較(CH₃OH)
Correlation with DNP method on CH₃OH

図10 アルデヒドとメタノールの分析におけるFTIR法と従来法の相関関係^{2,6)}
Correlations of results (between the FTIR and conventional methods) on aldehyde and methanol analysis

いる非分散形赤外分析法 (NDIR) による CO と CO₂ および化学発光法 (Chemical Luminescence Detection : CLD) による NO の測定結果の比較を示す¹⁾。従来法の分析計の90%応答速度が約1.5~3秒であり, FTIRが約7秒であるため, 応答速度には差がみられるが, 全体的には排出パターンは一致している。

図9にはCVS用バッグにサンプリングした自動車排出ガスをFTIRで測定した結果と, 従来法による測定結果の比較を示す。FTIRによる濃度値は従来法とよく一致している¹⁾。

(2) メタノール, ホルムアルデヒドの測定

図10にFTIRによる自動車排出ガスの測定結果(排出ガスの連続測定から算出した平均濃度)と従来法による結果の比較を示す²⁾。サンプリングはCVSによる希釈サンプリング(流量4.5m³/min)である。従来法としてメタノールは水吸収-GC法, ホルムアルデヒドはDNPH(2,4-dinitrophenyl hydrazin)法を用いた。いずれもメタノール車の排気試験のために米国連邦規制(Federal Register)で規定されている方法である。図にはメタノール車(M85)の定常運転モード, LA-4モード及びガソリン車のLA-4モードの測定値をまとめて示した。FTIRによる濃度値は従来法とよく一致している。

3.2 各種燃料車の排出ガスの測定例

ガソリン車, ディーゼル車及びメタノール燃料車の排出ガスのリアルタイム測定の例を以下に示す。サンプリングは, CVSによる希釈サンプリング(流量9.0m³/min)である。走行モードはLA-4モードのCTである。

(1) ガソリン車

図11に通常ガソリン燃料からの排出ガスと, 同じガソリンにMTBE(Methyl t-butyl ether)を15%添加した場合の排出ガスの比較を示す¹⁾。試験車両は同一である。MTBEの添加によってCOの排出濃度が半減し, 逆にNOの濃度が若干高くなっている様子がわかる。さらに, MTBE添加ガソリンでは, 始動後20~40秒の間に最高9ppm程度の未燃MTBEが排出されていることがわかる。また, アンモニアについても, MTBE添加の有無で排出量に差がみられる。Bianchiらは模擬自動車排出ガスによる3元触媒の浄化率測定のためにFTIRを用いている。従来はCO, HC, NO_xについてそれぞれ個別の検出器を用いていた。FTIRによって排出ガス組成をさらに細かく定量している。例えば, NO_xをNO, N₂O, NO₂各々に分けて同時定量している³⁾。

(2) ディーゼル車

図12にディーゼル車排出ガス中のSO₂とNO₂の測定例を示す¹⁾。ディーゼル車に特徴的なSO₂とNO₂の排出挙動がわかる。

(3) メタノール燃料車

図13はメタノール燃料車排出ガス中のCO, メタノール, ホルムアルデヒド, アンモニア, N₂Oについて触媒がある場合と無装着の場合の排出パターンを比較したものである⁴⁾。触媒の有無にかかわらずいずれの場合も, モード運転の初期に高濃度のCO, メタノールが排出されているが, これは触媒がまだ低温のためである。始動後約50秒から触媒温度が活性化温度に達して, 両成分の排出パターンに触媒有無の差がでてくる。始動後約200秒ではほとんどのCO, メタノールが触媒で浄化され, 触媒後には検出していない。これに対して, アンモニアは始動後約20秒から排出されており, 300秒以降は一定濃度になる。これはアンモニアが触媒によって生成されているためと考えられる。N₂Oは始動後約100秒と200秒近辺でピーク状に出現する。B. McCabe等はアルコール車

の冷始動時のホルムアルデヒドを減少させる触媒開発のため、触媒の温度特性を FTIR を用いて調べている。ラボ試験の結果、一連の金属触媒のメタノール酸化特性を明らかにした⁵⁾。

4. まとめ

本稿では、FTIR 方式の自動車排出ガス分析計によって、従来の規制物質以外にホルムルデヒド、メタノールについても従来の方法と同様に精度良く測定できることを述べた。

FTIR は測定例に示したように、多くの成分を同時にリアルタイムに分析できる等、従来の分析計にはない特徴をもっており、自動車排出ガスに関連した環境問題に対応できる多くの可能性を含んだ次世代の分析計としての発展が期待できる。

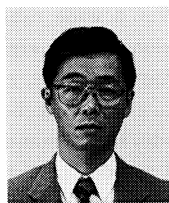
参考文献

- 1) 井上香 他：各種燃料車の排気ガス特性，自動車技術会学術講演会要旨集 924, NO.924061.
- 2) S. Kawarabayashi, et al., Measurement of Vehicle Emissions with Fourier Transform Infrared (FTIR) Method, International Symposium COMODIA, 90, 365-369 (1990).
- 3) D. Bianchi, et al.; Determination of Efficiency of Exhaust Gas Catalyst by F. T. I. R Spectroscopy, SAE paper NO. 910839.
- 4) M. Adachi, et al.; Automotive Emission Analyses using FTIR Spectrophotometer, SAE Trans. Vol. 101 NO. 920723.
- 5) R. W. McCabe, et al.; Laboratory and Vehicle Studies of Aldehyde Emissions from Alcohol Fuels. SAE paper NO. 900708.
- 6) 山岸 他：FTIR 方式自動車排ガス測定装置の開発，内燃機関，VOL. 30, NO. 380, 62~67 (1991).



加地 浩成
Hironari Kachi

（財）日本自動車研究所
第1研究部 主任研究員
学術博士



山岸 豊

Yutaka Yamagishi
（株）堀場製作所
自動車計測開発部 係長

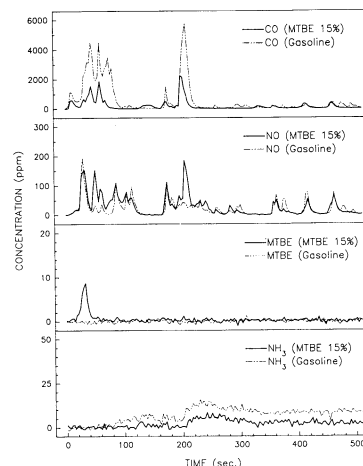


図11 ガソリン車の排出ガスの連続測定結果¹⁾
Real-time emission from gasoline-fueled vehicle

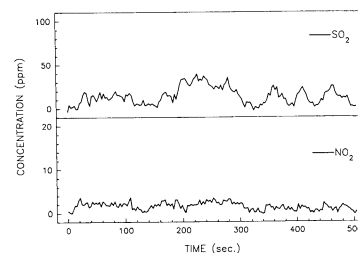


図12 ディーゼル車の排出ガスの連続測定結果¹⁾
Real-time emission from diesel-powered vehicle

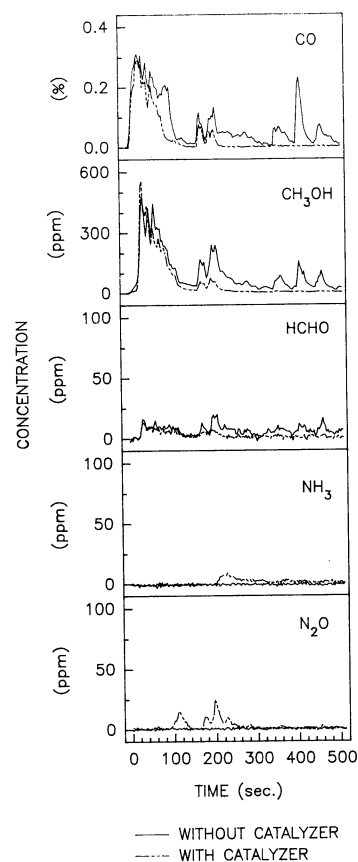


図13 メタノール車の排出ガスの連続測定結果⁴⁾
Real-time emission from methanol-fueled vehicle

自動車計測関連製品の現状と課題

Automotive Analysis Instruments : State of the Art and Future Challenges

上坂 博二
Hiroji Kohsaka**要 旨**

自動車にかかわる計測対象としては、自動車の大きさや重量など幾何的・物理的な計量から、エンジン出力や排出ガス組成などの機能的・化学的な特性、さらには乗心地やデザインなどの感覚の評価までさまざまなものがある。当社では、自動車排出ガス分析装置 MEXA シリーズを始めとし、エンジン性能計測システム HERT シリーズ、自動運転ロボット ADS シリーズなど、主に自動車の機能を分析・評価する各種の計測機器を製造・販売している。本稿では、当社の自動車計測関連製品の概要と、これらの製品に使われている基本技術を紹介する。さらに、人と車と環境の調和をはかるためにますます高度化・微量化が進む自動車関連計測技術への当社の取組みについても述べる。

Abstract

Automotive analysis and measurements cover a wide range, from the geometric and physical measurements of the dimensions and weights of vehicles to the evaluation of its functional and chemical characteristics, e. g., engine output and emission components. Also dealt with are the psychological evaluation of comfort levels and vehicle styling. Horiba develops, manufactures, and markets a wide range of measuring instruments that are designed mainly for the analysis and evaluation of automotive functions. Important Horiba products include the MEXA Series Automotive Emission Analyzers, the HERT Series Engine Analyzers, and the ADS Series Automatic Driving System. This paper gives an overview of these Horiba products and introduces the basic technology used in them. Also described here are Horiba's activities in automotive measurement technology, a field that has increasingly been used for more sophisticated measurements of smaller quantities as we seek greater environmental harmony between human and automotive needs.

1. はじめに

今日の自動車産業の隆盛は、ユーザニーズを適確に把握し、弛みない技術開発を続け、新しい品質の良い製品をタイムリーに市場に提供し続けてきた成果といえよう。一方、その発展過程には、公害問題や石油ショックなど様々な社会的な制約も発生したが、そのつど新たな構造のエンジンや触媒などを開発し積極的にクリアーしてきた。

一方、当社の自動車計測関連製品の歴史は、主に排出ガス対策の歴史とともに歩み、成長し、拡大してきた。とくに、最近の地球環境問題の高まりは、我々計測機器メーカーに対してもより微量の成分を、より高速に精度よく計測できる計測機器の提供を促している。また、これらの個々の計測装置や計測結果を有機的、総合的に結合する、いわば、計測のシステム化がますます重要になっている。

図1に当社の自動車排出ガス分析システムの基本的な機器構成例を示す。

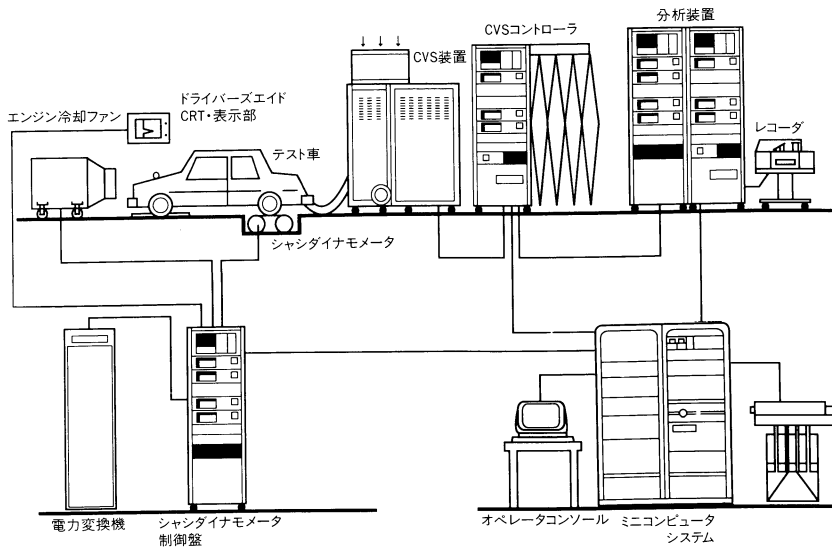


図1 自動車排出ガス分析システムの機器構成
Automotive emission analytical system(Typical)

2. 排出ガス分析装置

自動車から排出されるガス成分の化学的組成や濃度は、燃料の種類やエンジンの構造、燃焼条件などによって著しく異なる。また、低速か、高速かなど走行条件によっても全く異なってくる。表1に各種の燃料車からの排出ガスの組成分析結果の一例を示す。

一方、1960年代より始まった排出ガス規制は、対象成分の種類はしだいに拡大され、また各成分の排出限界濃度(量)も順次強化されている。とくに近年米国では、地球環境保護の観点から、非メタン系有機性ガス(Non Methane Organic Gas : NMOG)という新しい指標の導入を進めている。表2にガソリン車の排出ガス中のNMOGの組成分析結果の一例を示す。

自動車排出ガス分析装置には次のような機能が必要となる。

- ①高い検出感度：ppb, ng レベルの極微量成分を検出できること
- ②広い検出範囲：ppb から%レベルまでの広い範囲を検出できること
- ③高い選択性：種々の物質が混在する中から特定の成分だけを選択的に検出できること
- ④早い応答速度：刻々変化する排出特性に対応して素早く検出できること
- ⑤高い安定性：長時間にわたり安定な計測ができること

燃料種	排出量 (g/Km)			
	NMOG	CH ₄	CO	NO _x
ガソリン車	0.075	0.029	1.04	0.270
メタノール車	0.172	0.010	1.61	0.038
エタノール車	0.190	0.037	2.51	0.038
LPG車	0.069	0.028	1.67	0.067
CNG車	0.057	1.11	0.06	0.282

表1 各種の燃料車からの排出ガスの組成分析結果の一例¹⁾
Example of exhaust gas composition from various fuel vehicles

排出物質	排出量(mg/Km)
Light-End Species (Ethane, Propane など炭素数の少ない(C ₂ ~C ₅)炭化水素)	28.80
Mid-Range Species (Hexane, Benzene など炭素数の多い(C ₅ ~C ₁₂)炭化水素)	44.75
Oxygenates (Aldehyde, MeOH, Keton などの含酸素炭化水素)	1.34
NMOG 合計	74.89

表2 ガソリン車の排出ガス中のNMOGの組成分析結果の一例¹⁾
Example of exhaust NMOG gas composition from gasoline fuel vehicles

排出ガス中の全ての成分を、一つの測定原理で、しかも上記の条件すべてを満足させながら測定することは非常に困難である。当社の排出ガス分析装置は、計測対象成分ごとに最も適した分析方法を開発し、MEXA (Motor Exhaust Gas Analyzer) シリーズとしてして、自動車メーカーおよび関連業種において、研究開発から、生産・品質管理まで幅広い用途にご愛用いただいている。

表 3 に主な排出ガス分析方法をそれぞれ特徴を示す。

分析法	主な測定対象	分析原理	特徴
非分散形赤外線吸収法 (NDIR)	CO, CO ₂ , HC, NO, SO ₂ など	波長選択性のフィルターや検出器を用いて赤外線の吸収量を測定	高感度, 連続, 単成分分析
水素炎イオン化法 (FID)	CH ₄ , C ₃ H ₈ などの炭化水素	試料ガスを水素炎で燃焼, イオン化し炭素数に比例したイオン電流を測定	高感度, 連続, 全炭素数分析
化学発光法 (CLD)	NO, NO ₂ などの窒素酸化物	試料とオゾンを反応させ励起状態から緩和されるとき発光量を測定	高感度, 連続, 全NO _x 量分析
フーリエ変換赤外線吸収法 (FTIR)	無機, 炭化水素含酸素炭化水素など	赤外線吸収スペクトルを測定し成分ごとの濃度を分析	高感度, 連続, 多成分分析
ガスクロマトグラフ法 (GC)	殆ど全てのガス状物質	試料をカラムで分離し物質ごとの濃度を測定	高感度, 多成分非連続分析

表 3 主な排出ガス分析方法と特徴
Major exhaust gas analytical method and their feature

3. サンプルング装置

自動車排出ガスには、CO, HC, NO_x などの計測対象物質のほかに、高温状態の水蒸気や粒子状物質などを大量に含まれており、しかも走行状態によりこれらの量や性状は著しく変動する。正確な計測を行うためには、試料の状態を変えずに分析部に導くことができるサンプルング装置が重要で、とくにサンプルング系や凝縮水分に吸脱着しやすい成分を選択的に計測する際には注意が必要となる。このため、ディーゼル排出ガスや微量炭化水素の測定においては、サンプルング用配管や定容量サンプルング装置 (Constant Volume Sampler : CVS) 全体を加熱している。

ディーゼル機関から排出される微粒子 (パーティキュレート) の測定には、従来からはダイリューション・トンネル (フルトンネル) といわれる大型のサンプルング装置が使われているが、設置面積の小さなミニトンネルの開発も進められており、両者にはかなり良好な相関関係が認められている。

さらに、排気パイプからだけではなく、燃料タンクや駆動部から蒸散するガス状物質の計測も必要となっている。蒸散ガス測定装置には、真夏の駐車状態における蒸散量を計測する DBL SHED (Diurnal Breathing Loss Sealed Housing for Evaporative Determination)、走行状態における蒸散量を測定する R/L SHED (Running Loss SHED) および燃料タンクからの蒸散量を測定するポイント CVS など各種ある。

4. 試験装置

排出ガスや燃料消費率の評価は、シャーシダイナモメータの上に車を乗せ、一般道路での各種の走行状態を模擬して行なう (台上試験)。シャーシダイナモメータは、自動車の種類や試験の目的に合わせて 1 軸, 2 軸, 4 軸, あるいは

電気慣性、機械慣性など様々な方式のものがあるが、所望の運転モードに対して、早く・確実に追従できることが最も重要となる。近年、タイヤとローラ間の動力の伝達をより確実にするために、48インチの大口径ローラを使った電気慣性式シャシダイナモメータを製品化した。

一方、これらの試験を再現性よく繰り返し行うため、運転席に手軽に装着できるロボットドライバー(ADSシリーズ)を開発、製品化している。この装置は、ベテランのテストドライバーの代わりばかりでなく、厳しい環境条件下での連続走行試験など人間が不得意な分野での応用も期待される。

5. データ処理装置

近年、自動車用の試験・検査装置は測定項目が飛躍的に増加しており、得られるデータの相互関係を解析・処理しなければならない。さらに、シャシダイナモメータやロボットドライバーなどの試験装置との連動、制御も必要となる。当社では、排出ガステストシステム(VETSシリーズ)やエンジン自動運転計測システム(HERTシリーズ)を製品化している。これらの計測システムの設計上でとくに重要なことは、高度にコンピュータシステム化されている自動車メーカーの研究開発や生産、品質管理の現場といかにネットワークを構築するかである。

6. 計測機器の高度化と今後の課題

近年地球環境問題からより「地球と人にやさしい車」が求められ、これに呼応できるより高度な計測機器の開発が求められている。

6.1 地球にやさしい

環境への負荷の少ない車の開発のために、より多くの成分を、より微量、より高速に分析できる技術の提供が要望されている。当社では、理化学用として開発したフーリエ変換赤外線分光光度計(FTIR)をベースとした自動車排出ガス分析装置(MEXA-2000FTシリーズ)を開発、製品化し、アルデヒドなどの微量成分の連続分析を可能としている。

今後も、ガスクロマトグラフや質量分析など汎用の分析ハードと自動車排出ガス測定に欠くことのできない各種のサンプリング技術を融合させ、新たな限界へ積極的に挑戦し、ニーズに応じていきたいと考えている。

6.2 人にやさしい

より快適で安全な車へ向かって研究開発が進む中、これらを支援する計測機器もまた分かりやすく使いやすいものでなければならない。当社では、個々の計測機器のインテリジェント化だけではなく、計測機器の使用環境を含めたトータルのシステム化に取り組んでいる。

このため、社内に最新鋭の自動車計測ラボラトリー(図2)を設置し、ユーザーの方々と情報交換を行う中から総合的計測環境(Integrated Laboratory Automation System: ILAS)の実現を目指している。

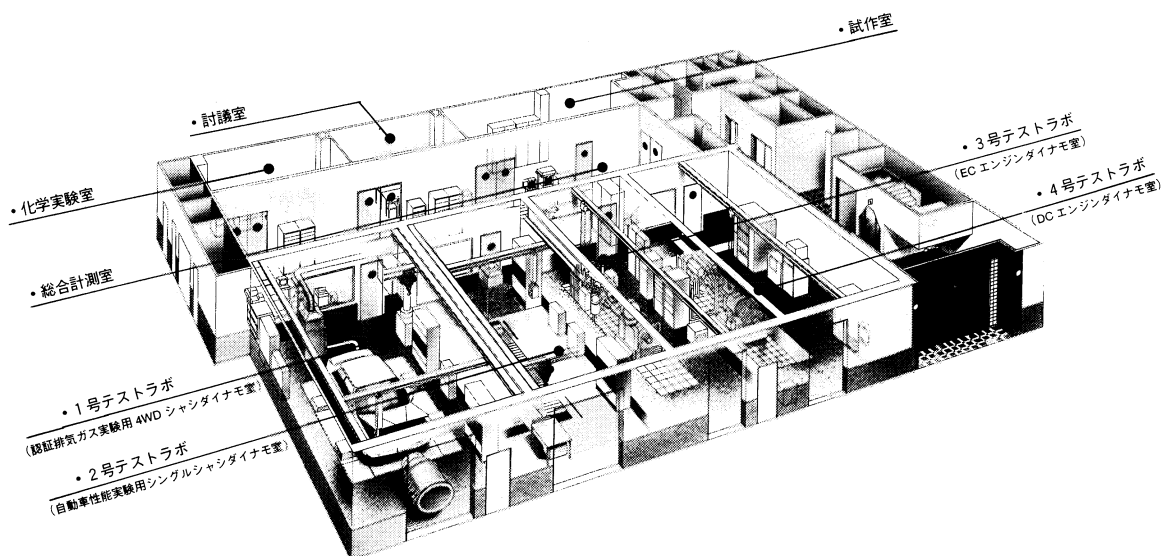


図2 堀場に設置した自動車計測ラボラトリー
Horiba automotive test laboratory

7. おわりに

以上のように、当社の自動車関連の計測技術・製品は、排出ガスやエンジンの計測を中心に、各時代の市場の要求に基づいて展開している。計測機器は、実験室あるいは生産現場かに関わらず、使われる目的、人、環境に最も適したものでなければならない。そのためには、ユーザの方々と情報を共有しあうことが基本となるものと確信している。今後とも一層のご指導・ご鞭撻を願っている。

参考文献

- 1) Proposed Reactivity Adjustment Factors for Transitional Low-emission Vehicles, Technical Support Document released on Sep. 27, 1991 California Air Resouse Board.



上坂博二

Hiroji Kohsaka

生産本部第2統括部 部長

1945年7月9日生

洛陽工業高等学校

電子工学科卒業

Current Status of Automobile Analysis in the USA

R. Neal Harvey*

1. Federal Regulations

In 1990 the U.S. congress passed amendments to the Clean Air Act that require significant new reductions in vehicle emissions for compliance with air quality standards. The amendments established new, lower Tier 1 tailpipe emissions standards for certification of all light-duty vehicles and trucks. The amendments called upon the U.S. Environmental Protection Agency (EPA) to issue new standards and measurement techniques in three strategic areas—first, cleaner new vehicles; second, clean burning fuels; and third, an Inspection and Maintenance program for in-use vehicle emissions standards.

EPA has responded with many new revisions to existing regulations and is establishing new procedures and regulations to control vehicle emissions during periods of operation at low temperatures and to control evaporative emissions during idle periods of operation in cyclic environmental conditions. New regulations will require auto manufacturers to pass "Cold CO" carbon monoxide standards at 20°F(-6.7°C) test temperatures. The auto manufacturers are now busy installing refrigerated test cells with new 48-inch dynamometers, emissions instrumentation, and large "SOAK" areas to implement these procedures.

Meanwhile, other EPA regulations require a 1995 phase-in for cleaner burning, "reformulated" gasoline fuels. These new fuels should achieve a 15 percent reduction in hydrocarbons and toxic pollutants. By the year 2000 the "reformulated" fuels must achieve a 20% reduction in emissions.

The latest EPA action centers on reduction of emissions from the 50 million in-use vehicles operating in the smoggiest areas of the U.S. The new rules, published in November 1992, require the most polluted cities or states adopt either "basic" or "enhanced" Inspection and Maintenance Programs depending upon the severity of the ozone and carbon monoxide pollution of the area. EPA is establishing high-tech test requirements that will measure both tailpipe and evaporative emissions. The test equipment for "enhanced" areas will analyze exhaust emissions from a transient driving cycle operated on a chassis dynamometer simulating road load and vehicle inertia. The driving cycle, called IM-240 (**Fig.1**), is a 240 second, condensed version of the first 330 seconds of the Federal Test Procedure used for certification.

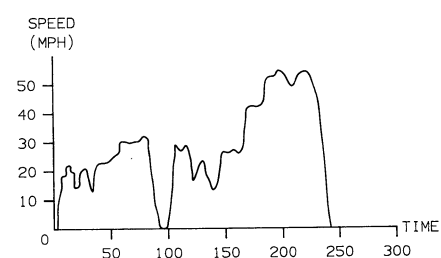


Fig.1 New driving schedule for EPA IM-240 vehicle inspection program

* Horiba Instruments Incorporated

Additional equipment in the test lane will perform two functional tests of the vehicle evaporative emissions control systems. This includes a simple pressure test to find leaks in the fuel system and a check of the ÅgpurgeÅhsystem that removes gasoline vapors stored in the charcoal canister and routes them to the engine where they can be burned. If a vehicle fails the new IM-240 test then the vehicle owner will be required to spend up to \$450 for emissions related repairs before the vehicle registration is renewed. IM-240 benefits include an estimated 28 percent reduction in Volatile Organic Carbon emissions plus 30 percent reduction in exhaust CO emissions and a 9 percent drop in exhaust NOx emissions.

2. California Regulations

The Los Angeles area of California has the most severe air pollution problem in the U.S. caused by the large population density of motor vehicles and the natural geography that traps emissions from all sources within the air basin. Consequently, California has received waivers from the EPA that permits the California Air Resources Board (CARB) to set lower exhaust emissions standards than the other 49 states.

In 1990 CARB adopted sweeping new regulations mandating clean burning fuels and low-emission vehicles. These new regulations take effect in 1994 for passenger cars and light-duty trucks sold in the state. The emissions regulations establish four new categories of low-emission vehicles; each successive category must meet lower standards than the previous category. Vehicle manufactures participating in the California market must produce a specified percentage of their production for each category. The categories are largely defined by differing levels of Volatile Organic Gases in the exhaust-a reactivity adjusted measurement termed NMOG (Non Methane Organic Gas). These four new categories of low-emission vehicles and the associated emissions requirements are summaries in **Table 1**.

Category	Emission Levels(g/mil)			Year
	NMOG	CO	NOx	
TLEV: Transitional Low Emission Vehicle	0.125	3.4	0.4	1994
LEV: Low Emission Vehicle	0.075	3.4	0.2	1997
ULEV: Ultra Low Emission Vehicle	0.040	1.7	0.2	1997
ZEV: Zero Emission Vehicle	0	0	0	1998

Table1 Four new categories of low-emission vehicles and the associated emissions requirements

A ZEV is a non-combustion powered vehicle such an electric car. The ZEV requirement will start at 2 percent of sales in 1998 and rise to 10 percent in 2003.

These new CARB regulations change the way in which motor vehicle emissions are measured. Today's California standards measure organic emissions as total hydrocarbons (measured by a Flame Ionization Detector) less methane, commonly known as Non-Methane Hydrocarbon (NMHC). The new rules address the ozone-forming potential of exhaust by going beyond the NMHC measurement to a reactivity adjusted mass emissions measurement previously referred to an NMOG. NMOG includes NMHC plus aldehydes, ketones, alcohols, and ethers as measured via gas and liquid chromatography.

The resultant NMOG mass value is then multiplied by a Reactivity Adjustment Factor (RAF) determined by CARB for every motor fuel in each emission category TLEV, LEV and ULEV. CARB will determine the RAF for each fuel based upon the individual ozone forming reactivity for each of about 150 organic compounds identified in exhaust gas. The RAF rewards the use of cleaner burning fuels such as reformulated gasoline, alcohol and compressed natural gas (CNG) when compared to today's average gasoline. The first clean fuels are man-

dated for distribution in California beginning in 1994.

Evaporative emissions from motor vehicles comprise a significant percentage of the total organic emissions released in the California air basins. Therefore, CARB is adopting new evaporative emission test procedures to replace current test procedures that do not accurately represent real environmental conditions. The new California Evaporative Emissions Test Procedures Comprise a three-phase test consisting of a Running Loss Test, a Hot Soak Test and a Diurnal Breathing Loss Test.

The Running Loss Test measures evaporative emissions from the vehicle during operation on a chassis dynamometer at elevated temperatures (105°F or 40.6°C). The test is conducted in a sealed enclosure (SHED). Atmospheric sampling within the SHED for total hydrocarbons before and after the dynamometer driving procedure determines the HC mass emissions.

Phase 2, the Hot Soak Test, measures evaporative emissions from a warm, idle vehicle sealed in a SHED at 105°F(40.6°C). Again, atmospheric sampling within the SHED for THC before and after the 60-minute test determines the HC mass emissions.

The Phase 3 evaporative emissions test is termed the Diurnal Breathing Loss Test (DBL)—a procedure designed to simulate evaporative emissions measurement from a vehicle parked outdoors for 72 hours. The SHED is special, it is equipped with sophisticated temperature and pressure controls that simulate a 24-hour ambient temperature cycle between 65°F and 105°F. The pressure control system must accommodate thermal expansion of the SHED atmosphere during the full 72-hour procedure. Hydrocarbon sampling after each 24-hour cycle establishes the HC mass emissions.

3. Instrumentation for New Regulations

Auto manufacturers, oil companies, and regulatory agencies have increased capital spending for facilities and equipment to satisfy these new Federal and California emissions regulations. Currently U.S. manufacturers are installing and starting-up new Cold Room facilities to meet the Federal Cold CO test requirements. In addition, the manufacturers and oil companies are installing multiple Variable Temperature/Variable Volume SHEDs for Federal and California Diurnal Breathing Loss and Hot Soak procedures. Industry concerns about health and safety issues have stalled some American installations of Running loss SHEDs. A Point Source sampling technique which does not require a sealed enclosure has been proposed as a viable alternative to the Running Loss SHED.

Some of the standards set by new regulations will be easy for the auto manufacturers to achieve via re-calibration of fuel systems and implementation of known technology. However, high emissions from other new test procedures may be difficult to reduce and could lead to significant emission development programs to meet the regulatory deadlines. New emissions equipment and instrumentation being requested by the automotive industry include:

(1) Cold CO

Cold Rooms equipped with 48-inch chassis dynamometers, complete analytical systems with modal emissions capability.

(2) Evaporative Emissions

- ① Variable Temperature/Variable Volume SHEDs for Diurnal Breathing Loss and Hot Soak tests, equipped with temperature and pressure control systems and total hydrocarbon analytical systems.
- ② Point Source Dilution Systems or Running Loss SHEDs equipped with total hydrocarbon analytical systems.

(3) Emissions Analysis

- ① Non-Methane Hydrocarbon (NMHC) FIA's for transient analysis of NMHC during the Federal Test Procedure and CVS bag analysis.
- ② Variable Flow Rate Venturi Samplers for LEV tests.
- ③ Impinger Sampling Systems for alcohol and aldehyde sampling.
- ④ New analyzer techniques to measure alcohols and aldehydes to replace labor intensive Impinger Systems.
- ⑤ Fast analyzer techniques such as Gas Chromatograph-Mass Spectrometers (GC/MS) for measuring organic gas species on a routine basis.
- ⑥ Fast Response Analyzers capable of tracking quick changes in exhaust gas concentration that reflect operational characteristics of emission control devices.

Responding to EPA's new IM-240 Inspection and Maintenance rules, cities and states are now incorporating EPA's analytical specifications into contract requirements for centralized testing programs. Low cost, mass produced systems with analytical performance equivalent to today's certification test systems are required. Unique requirements dictate operation in such diverse ambient environmental conditions as from freezing to desert conditions.

4. Horiba Instruments, Inc., Product Strategy

The last decade has seen a steady increase in the auto manufacturers dependence upon the engineering expertise of their emissions equipment suppliers to meet the regulatory requirements for sophisticated analytical equipment. Horiba Instruments, Inc. and its parent company, Horiba, Ltd., have responded to these new market demands with many new products and services. Today, Horiba Instruments supplies a full compliment of custom designed systems, computer software and engineering design services that satisfy market needs from simple analyzers to "turn-key" facilities.

Recent product developments by Horiba Instruments expand the list of equipment available to satisfy the new regulations.

In 1991 EPA awarded Horiba Instruments a contract to supply up to 20 new 48-inch AC electric dynamometers (**Fig.2**) for EPA's facilities in Ann Arbor, Virginia, and Colorado. These dynamometers will replace the 8.65-inch twin-roll hydrokinetic dynamometers used by EPA since the 1960's. EPA rated Horiba's design superior in all seven technical areas. Through November, 1992, EPA has released orders for 11 units to be installed in two EPA Cold Test Rooms, a certification cell and R&D cells; all located in Ann Arbor, Michigan. Auto manufacturers have ordered an additional 35 units since the EPA contract was

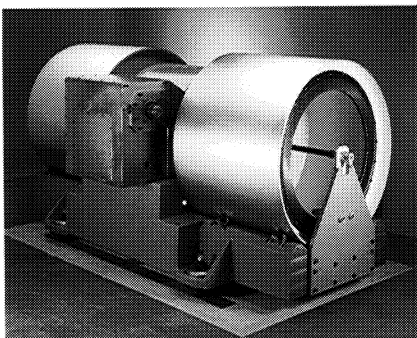


Fig.2 Horiba 48-inch chassis dynamometer built for EPA contract

awarded.

For the new Evaporative Emissions procedures, Horiba Instruments supplies VT/VV Diurnal Breathing Loss SHEDs complete with control system, HC analytical system and PC based Data Acquisition for complete documentation and reporting.

Low Level Emissions instrumentation and systems have been delivered by Horiba Instruments for numerous projects. One popular item is an Impinger System (Fig.3) for collecting alcohol and aldehyde samples from alternate fuels test programs. A second item, currently being evaluated by EPA, CARB, and the manufacturers, is a variable flowrate conversion kit for existing critical-flow-venturi CVS's. This variable flow conversion facilitates adjusting CVS flow to maximize CVS bag concentrations yet avoid moisture condensation within the sampling system.

Horiba Instruments' IM-240 System (Fig.4) has been selected by more than 80 percent of the major contractors involved with the state Inspection and Maintenance programs. Horiba offers a turn-key system for modal CVS analysis, micro-processor based data acquisition and reporting. MEXA 9000 type analyzers, critical flow venturis and proven software generate mass flow data for each pollutant at 1.0 Hz from 10 Hz sampling.



R. Neal Harvey
Horiba Instruments Incorporated
Executive Vice President

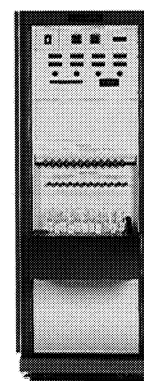


Fig.3 Horiba impinger system for speciation of exhaust emission hydrocarbons

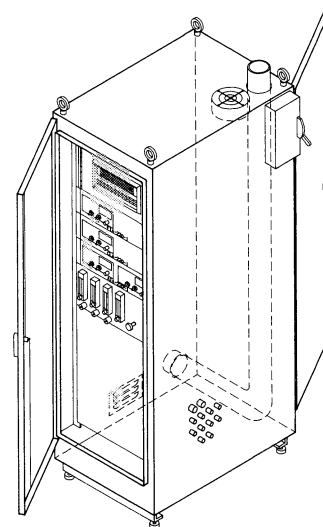


Fig.4 Horiba emissions system for new EPA IM-240 vehicle inspection program

米国における自動車排出ガス分析の現状

米国の新しい規制に対応するために必要となる自動車排出ガス分析の概要を解説し、排出ガス分析の総合メーカとして積極的に計測・評価用機器の開発・製品化に取り組んでいるホリバインストルメンツ社(Horiba Instruments Incorporated : HII)の戦略を紹介した。

(1) 連邦規制

1990年連邦議会は大気清浄化法の大幅な改正案を可決した。EPAではこれを受け、あらたに低温作動時の排出ガスやアイドリング時の蒸散量の規制と、試験・評価方法を策定中である。より厳しい地域では、IM-240とよばれる走行サイクルで試験される。

(2) カルフォルニア規制

カルフォルニア大気汚染対策局(CARB)は、TLEV, LEV, ULEV, ZEVと段階的に低公害車を実現するために規制を刷新した。新しい規制では、従来の炭化水素に加えアルデヒドやケトンなど非メタン系有機性ガス(NMOG)をも対象とするもので、また、蒸散ガスの試験方法はランニング・ロス、ホットソーク、ダイアナル・ブリージング・ロスの3段階の試験から構成されている。

(3) 新規の規制に対応する排出ガス計測装置

新しい規制に対応するために自動車業界からは次のような排出ガス計測装置が求められている。

- ① 48インチシャシダイナモメータを備えたコールドCO分析システム
- ② R/L, HS, DBL&PS-CVSの各試験設備
- ③ NMOG, NMHCを高精度かつ高速に分析できる分析装置 およびサンプリング装置

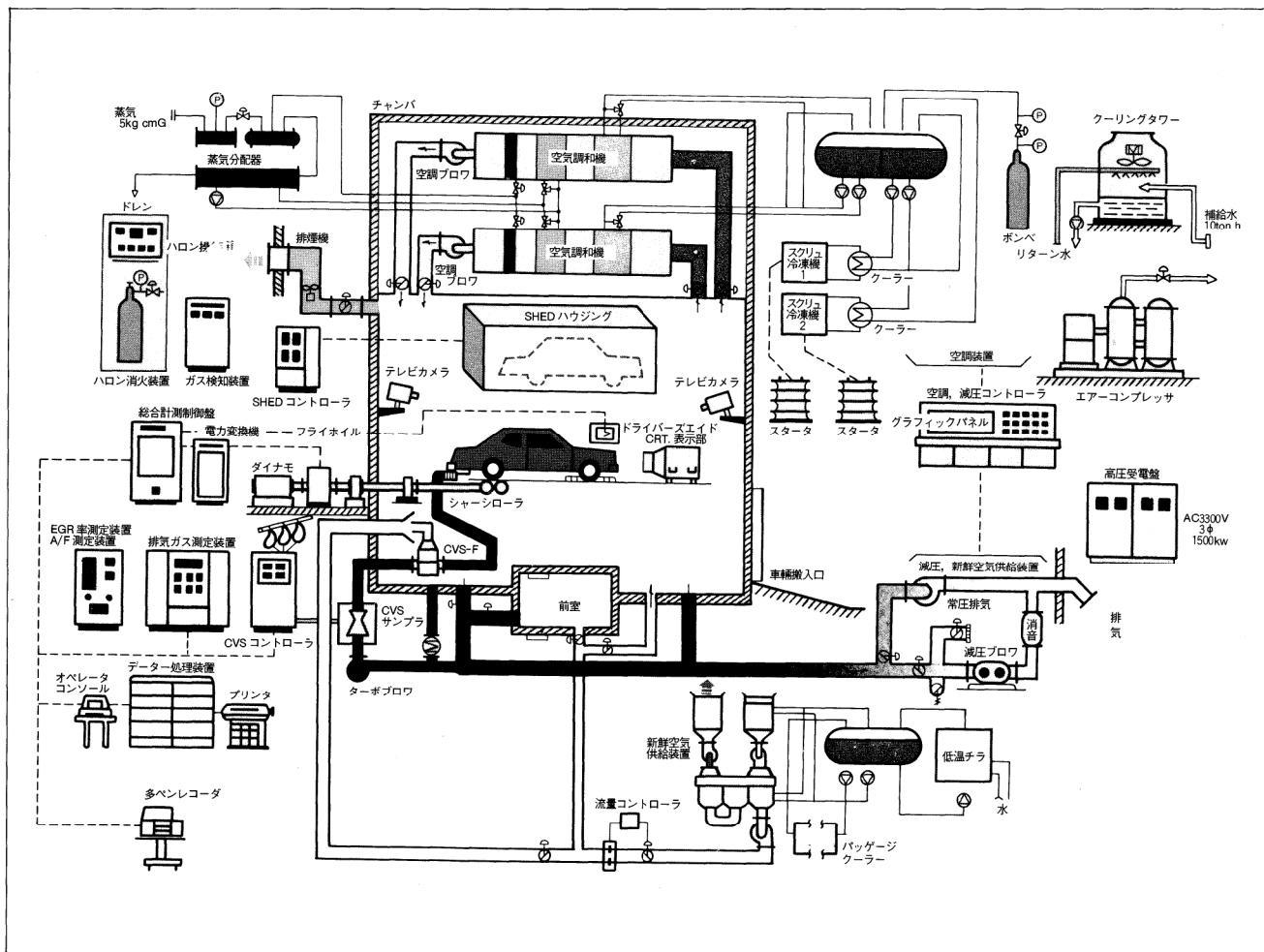
(4) HII の製品戦略

新たな規制に対応するために、次のような計測機器を開発し好評を得ている。

- ① EPA4へ納入し高い評価を受けている48インチシャシダイナモメータ
- ② HCガス分析計、制御装置、データ処理装置を含めたDBL SHEDシステム
- ③ アルコール、アルデヒド用インピンジャ・サンプリング装置
- ④ バッグ内部で水分の凝縮を防ぐCVS用流量可変装置
- ⑤ IM-240サイクル試験を総合的に行う自動車排出ガス計測システム

自動車排出ガス総合試験設備

ホリバは、永年にわたる技術・製品開発に基づき、新たな自動車排出ガス総合試験設備を提案します。



低濃度測定用自動車排出ガス分析装置

Automotive Emission Analyzer for Measuring Low Concentrations

武田 賢二
Kenji Takeda

【要旨】

近年、地球環境の問題が叫ばれ、それに呼応して自動車の排出ガスもより厳しく規制されていく方向にある。とりわけ、1990年の米国・カリフォルニア州大気資源局(CARB)の新しい法律では、排出ガスに含まれる有害成分の規制を一層強化している。これに伴い排出ガスの測定装置も、さらに高感度でかつ安定性が要求されることになった。

本稿では、米国・カリフォルニア州の新規制に対応した低濃度用自動車排出ガス分析装置について、当社で検討した内容について報告する。

Abstract

As global environmental issues come under greater scrutiny, automotive emissions are being controlled more and more strictly. In particular, the 1990 regulation by the California Air Resource Board (CARB) provides for stricter control of the toxic components contained in exhaust gas. This will require emission analyzers of improved sensitivity and stability. This paper reports on Horiba studies of an automotive emission analyzer designed for the measurement of low concentrations in compliance with the California regulation.

1. はじめに

近年、地球環境問題が高まり、自動車の排出ガスもより厳しく規制されていく方向にある。特に米国では住民の声が高まり、1990年に改正された大気浄化法に基づいて、米国環境保護庁(Enviromental Protection Agency: EPA)は、排出ガス規制を24年ぶりに大幅に改正した。また、これに先立ちカリフォルニア州では、従来の規制では大気汚染の抑制が困難であるとして、より厳しい内容の排出ガス規制を独自に検討してきた。米国・カリフォルニア州大気資源局(California Air Resource Board: CARB)の基本姿勢は排出ガスの全くない機関を広げることではないかと思えるほどの厳しい規制内容となっている。単に規制値を厳しくしただけではなく、従来の規制概念の枠を越えた新しい考え方が導入され、排出ガス低減化のために代替燃料の使用までを検討している。

本稿では、カリフォルニア州の新規制に対応できる計測システムを検討し、

当社で開発した低濃度測定用自動車排出ガス分析装置について報告する。

2. 新規制における排出ガス濃度の推定^{1, 2)}

モード	成分	排出割合	計算推定濃度(ppm)
CT	T. HC	4.0	12.4
	CO	12.0	416.4
	NOx	7.0	24.5
S	T. HC	1.6	1.9
	CO	0.3	10.4
	NOx	0.5	1.8
HT	T. HC	1.0	3.1
	CO	1.0	34.7
	NOx	1.0	3.5

表1 ULEV 規制における排出濃度の推定結果
Estimation of emission data on ULEV regulation

*1

CTモード：LA-4モードにおけるコールドスタート後の505秒間の運転モード
(Cold Transient Mode)

Sモード：LA-4モードにおけるコールドスタート後505秒後から最終1372秒までの運転モード
(Stabilized Mode)

HTモード：LA-4モードにおけるコールドサイクル後10分間のSOAKモード後に行う505秒間の運転モード
(Hot Transient Mode)

規制の厳しさを認識するため、CARBが1997年から導入を義務づけているULEV(Ultra Low Emission Vehicle)の排出ガスの規制基準濃度を、適当な仮定の基に計算した。ガソリンを燃料として‘ULEV’規制に適合する場合のLA-4試験の排出ガスの濃度レベルを規制値の方から逆算した。

〈計算条件〉

- ①各走行モードの排出比率を成分ごとに仮定する
- ②自動車排出ガス定容量試料採取装置(Constant Volume Sampler : CVS)の流量は一定(6 m³/min)とする
- ③LA-4モードの走行距離は、CT+S+HTモード*1で3.6+3.9+3.9mileとする
- ④NOxは湿度補正後の値とする

規定³⁾に示されている各成分の排出重量演算式に従って、排出量がULEVの規制値に等しいと仮定し、各モードのバックグラウンドを差し引いた濃度を表1に示す。これよりSモードおよびHTモードにおける排出濃度は、現行のCVSの希釈空気バックグラウンドと大差ないほど低いことが判かり、希釈空気中の不純物の低減を含め、より低い濃度を計測するために分析システム全体の改良・開発を行った。

3. 低排出ガス自動車用計測システム

当社では自動車排出ガス分析装置(MEXA-9000シリーズ)やCVSなど、従来の規制を対象とした計測・評価装置を製作してきた。現在のMEXA-9000の最小濃度レンジは、CO計で0-100ppm、NOx計で0-10ppm、全炭化水素(Total Hydro Carbon : T・HC)計で0-10ppmCとなっている。

ところで、前述したように新しい規制に対応するためには、最小検出感度がさらに一桁高い分析装置が必要となる。以下に、新たに開発した低濃度自動車排出ガス分析装置(LEV用MEXA)の技術ポイントを報告する。

表2にLEV対応のMEXAシステムと、従来のMEXA-9000システムの主な仕様比較、およびEPAの連邦規制(Code of Federal Regulations : CFR)を示す。

	CFR Subpart B	MEXA-9000	LEV用MEXA
測定範囲	—	CO : 100ppm~20vol% HC : 10~50000ppmC NO, NOx : 10~10000ppm CO ₂ : 1~20vol% CH ₄ : 10~50ppm	CO : 10~50ppm HC : 1~50ppm NO, NOx : 1~50ppm CO ₂ : 1~20vol% CH ₄ : 1~5ppm
応答速度	—	T90 : 1.5S以下 ただしCO 100ppmを除く	T90 : 3S以下
直線性	レンジの15~90%にて各データ点の2%以下	±1% FS以下	±1% FS以下
ドリフト	—	±1% FS/8H以下	±1% FS/8H以下
ノイズ	—	±1% FS以下	±1% FS以下
FID相対感度	—	±5% C ₃ H ₈ 基準	—
CO干渉影響 (300ppm以下レンジ)	3% CO ₂ in N ₂ ガスを室温飽和水分量にて3ppm CO以下	同左	2% CO ₂ in N ₂ ガスにて0.2ppm CO以下
設置周位温度	—	5~35℃	20~30℃
サンプリング	BAG測定 : WET	CVS連続測定 : DRY BAG測定 : WET	CVS連続測定 : DRY BAG測定 : COのみ DRY 他 WET

表2 MEXA-9000とMEXA-9000 LEVの主な仕様の比較
Specification comparison between MEXA-9000 and MEXA-9000 LEV

3.1 低濃度分析計(LEV用 MEXA)

分析計の最小検出感度を一桁上げるためには、単に検出器の感度の向上だけでなく、共存する干渉ガスの影響や安定性に対しても改良が必要となる。

3.1.1 低濃度 CO 計

(1) 測定原理

図1に MEXA-9000 に組み込まれている複光路式・非分散型赤外線 CO ガス分析計(Non-Dispersive Infrared Analyzer: NDIR)の基本原理を示す。

光源から等しく放射された赤外線は、それぞれ試料セル、比較セルを通過し検出器に入射する。このとき試料セル内の測定成分の濃度が変化すると、それに対応した赤外線の吸収が起り、検出器に到達する光量が変化する。一方、比較セルにはアルゴン(Ar)などの不活性ガスが封入されており、常に一定光量が検出器に到達する。両セルを通過した光は回転チョッパにより断続されており、検出器内部のコンデンサマイクロフォンが振動する。この振動の振幅が両方の光量差、すなわち測定ガスの濃度が、静電容量の変化となって検出される。

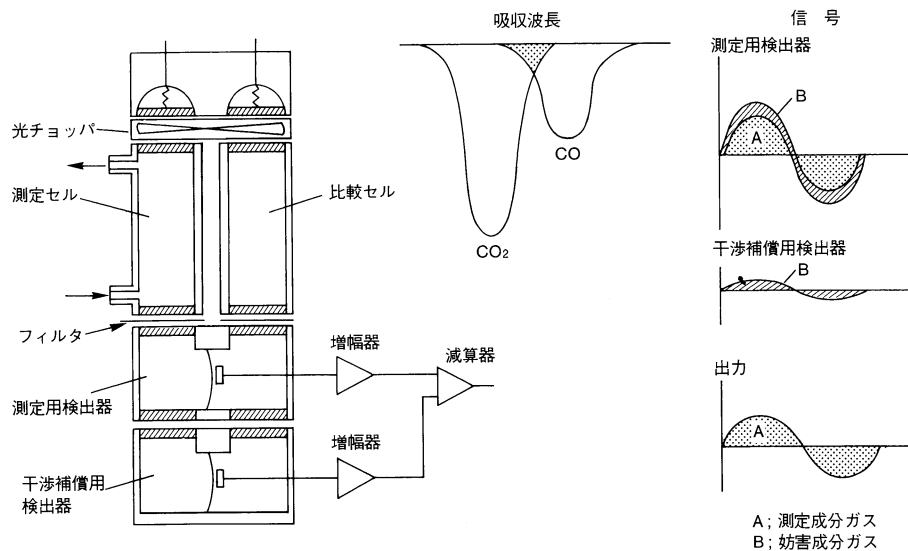


図1 非分散形赤外線ガス分析計の原理
Principle of non-dispersive infrared gas analyzer

(2) プリアンプの S/N 比の改良

高感度化のためには、まず検出器とプリアンプからの雑音の低減が必要となる。プリアンプの雑音は、高抵抗の熱雑音と FET のノイズがあり、とくに FET が問題となる。今回は高絶縁性のオペアンプを使用し、検出器からの電荷を高抵抗を通して電圧として取り出す電流増幅型プリアンプを採用した。図2に従来の電圧増幅型プリアンプと今回採用した電流増幅型プリアンプの構成を示す。

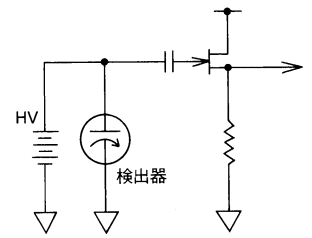
(3) チョッパモータ駆動電源の周波数安定化

電源の周波数の変動による分析計の指示変動を避けるために、水晶発振による周波数安定化電源を採用した。図3に電源周波数の安定度と分析計の出力の比較を示す。

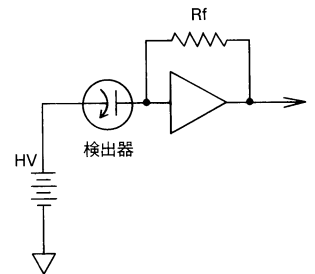
(4) 温度制御と同期整流

周囲温度の変動影響をさけるため、温調ポイントの最適化や各光学部品の熱解析を行い、分析ユニット全体の温度分布の均一化と温調精度を向上させた。

また、信号処理は絶対値整流方式から同期整流方式に変えた。図4に両方式

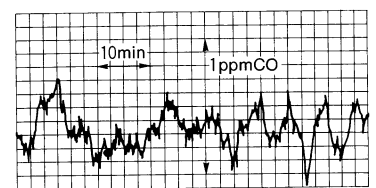


(A) 電圧増幅型
Voltage amplification type

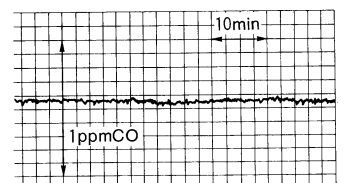


(B) 電流増幅型
Current amplification type

図2 プリアンプの回路構成
Schematic diagram of preamplifier



(A) 安定化前
Without stabilizer



(B) 安定化後
With stabilizer

図3 チョッパモータ駆動電源周波数安定化の効果
Effect of stabilization on the chopping-motor

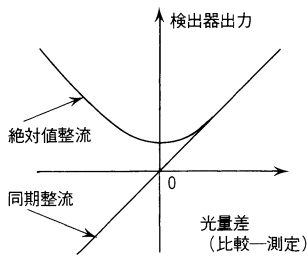


図4 検出器の出力特性
Characteristics of detector-signal

*2 光学シフト
絶対値整流回路での検出器出力は、
光量変化に対してアンバランスな領域をもつ。その為リニアな領域で使用する目的で、光量を調整すること。

による複光路式 NDIR の検出器の出力特性図を示す。同期整流方式は、光学シフト*2が原理的に不要で、ダイナミックレンジが広く、試料セルの汚れや光源の変化などの補正が容易となる。

(5) 干渉影響対策

NDIR 法では、測定成分と妨害成分の吸収波長帯が重なる場合が少なくない。従来、所望の吸収波長帯域だけを透過させる多層膜赤外線干渉フィルタ、さらに図3に示す補償用検出器を用いて妨害成分による干渉影響を低減してきた。

ところで CO10ppm 計では、CO₂(5 vol%) と H₂O(2.3vol%) の干渉影響を最低 ±0.2ppmCO 相当以下にするため、従来法だけでは両方を同時に満たすことは困難である。そこで、分析計の前段に高分子半透膜を使った除湿装置を用い、サンプル中の水分量を露点 -10℃ 相当以下に除湿した。これにより、干渉補正の対象を CO₂ に限定することができ、両方の妨害影響を目標値以下にすることができた。

3.1.2 低濃度 T・HC 計

低濃度 T・HC 計は、サンプリング系の汚れなどの影響を取り除くため、加熱型の水素炎イオン化検出器(Flame Ionization Detector : FID)を用いた。検出器への試料流量の増加、プリアンプの温調などにより S/N の改善と安定化を図った。

HC を安定に計測するためには、ディーゼルエンジンの排出ガス分析と同様、サンプルラインを加熱したり電氣的積算により平均濃度を算出するのの一つの方法であろうと考えている。

3.1.3 低濃度 NOx 計

低濃度 NOx 計は化学発光法(Chemiluminescence Detector : CLD)を用いている。検出素子(シリコンフォトダイオード)を2個にすることで検出感度の改善を図った。また、NOx を NO 変換するコンバーターの触媒量を調整して応答速度(T₉₅)^{*3}6秒を達成した。

*3 応答速度(T₉₅)
計測器の入力を急激に変化させたとき、出力が最終値の95%に達するまでの時間

3.2 サンプリング系

低排出ガス車用計測システムの全体の構成例を図5、フローを図6に示す。サンプリング系の汚れによるハンガアップ現象*4を防ぐため、LA-4モードの排出レベルの高いCTモード計測時と、低いレベルのS、HTモード計測時とにガス流路を分けた。

*4 ハンガアップ現象
排ガス中の炭化水素が測定系の流路中に吸着された後、再び脱着する現象

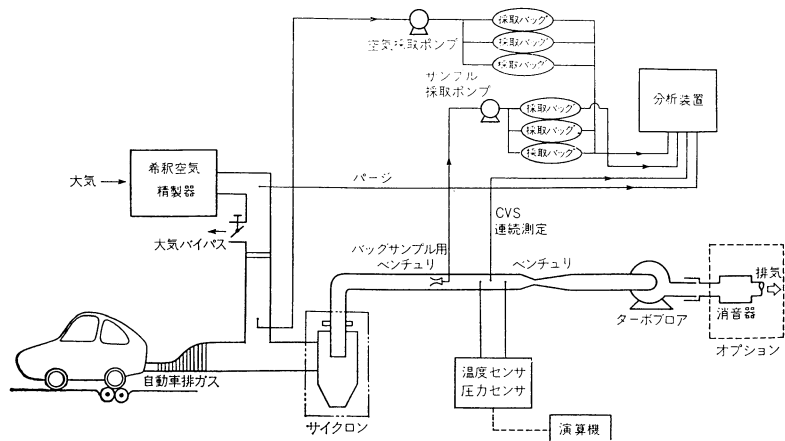


図5 低濃度自動車排出ガス計測システムの構成
Configuration of low-concentration automotive emission analysis system

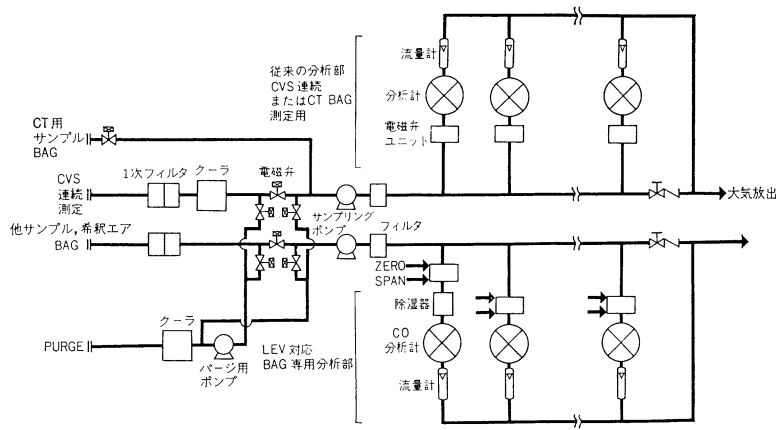


図6 低濃度自動車排出ガス分析装置の流れ図
Flow diagram of low-concentration automotive emission analysis system

3.2.1 加熱型 CVS

同様に、吸脱着によるハングアップ現象を防ぐため、CVSを加熱型にすることも有効である。加熱温度はガソリンに含まれるHCの沸点が約30~220℃、90%の成分が留出できる温度が180℃であることを考慮して、CVSは希釈導入空気を100~200℃に加熱できるように設計した。

3.2.2 CVS バッグ

CVS バッグはHCの吸着や放出のない材質を選択する必要がある。今回、ガスクロ用(Gas Chromatography: GC)として広く使われているフッ素樹脂バッグとフッ化ビニル製バッグの比較試験を行った。

まず、それぞれのバッグに窒素充填し、一日放置後バッグ内のガスをGC分析した結果、数種類の高沸点HCが確認された。さらに精製空気を充填し、高感度T・HC分析計を使って同様の試験をした結果を図7に示す。フッ素樹脂バッグの方は安定でバックグラウンドの少ない指示が得られることがわかった。

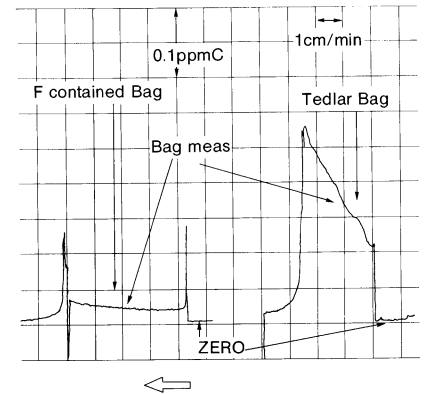


図7 バッグ材質の比較データ
Comparison data of bag materials

3.2.3 希釈空気精製器

低濃度測定では、CVSに使用する希釈ガス中の不純物(バッグクラウンド)はとくに低くしなければならず、このため希釈空気精製装置を使用した。希釈空気中のCO、HC、NOxを効率よく取り除き、長時間使うため、酸化燃焼触媒(CO、CH₄用)と吸着剤(NOx用)を採用した。これによりCO濃度を0.05ppm以下に、HCを0.5ppm以下にすることができた。また、触媒の交換周期は約5年と長く、ほとんどメンテナンスフリーである。系の概略のフローを図8に示す。

4. 連続 CH₄/NMHC/T・HC 分析計

大気中には非常に多くのHCが存在するが、CH₄はO₃との光化学反応性が低いいため、CARBではHCからCH₄を除いた非メタン炭化水素(Non-Methane Hydro Carbon: NMHC)を規制の対象としてきた。

当社では、従来T・HCおよびCH₄を別々に測定し、それぞれの値からNMHCを算出するFIA-121を製品化している。最近、天然ガスなどの低公害燃料を用いた自動車の排出ガス中のCH₄、NMHCを連続測定したいとの要望が有り、当社ではCH₄/NMHC/T・HC3成分連続分析計(FIA-222)を製品化した。

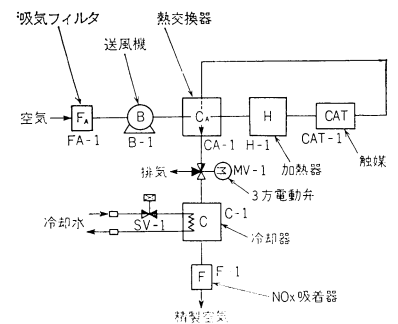


図8 希釈空気精製器の流れ図
Flow diagram of dilution air purifier

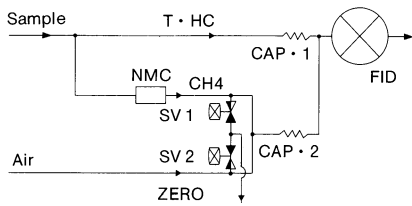


図9 FIA-222の流れ図
Flow diagram of FIA-222

4.1 測定原理

図9にサンプルガスの導入から、検出器へ導くまでのフローシートを示す。サンプルガスは、直接FIDに導かれてT・HCを測定するラインと、選択燃焼方式の触媒(Non-Methane Cutter : NMC)を通過させた後FIDに導きCH₄を測定するラインとに分離される。NMCはサンプルガスの中からCH₄を除く総てのHCを燃焼し、CH₄のみを通過させるものである。

検出器にはT・HCラインとCH₄ラインの合成されたガスが導入される。このとき出力は、図10に示すように、T・HCの直流信号とCH₄とZEROで変調された交流信号の合成波形(T・HC+CH₄)となる。ここでCH₄とZEROの変調を流体変調方式とす。この方式は、サンプルガスからNMHCを分離したCH₄ガスと、HC成分を含まないゼロガスを、電磁弁で2Hzの周期で交互に検出器に送り込む方法である。

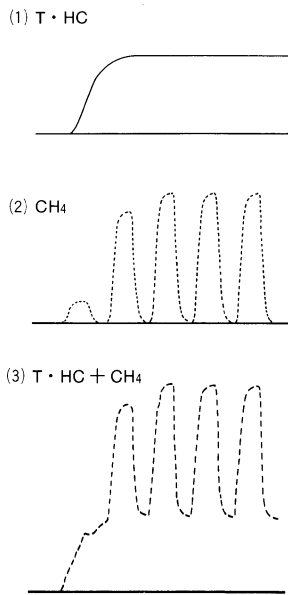


図10 FIA-222の出力
Output of FIA-222

4.2 信号処理

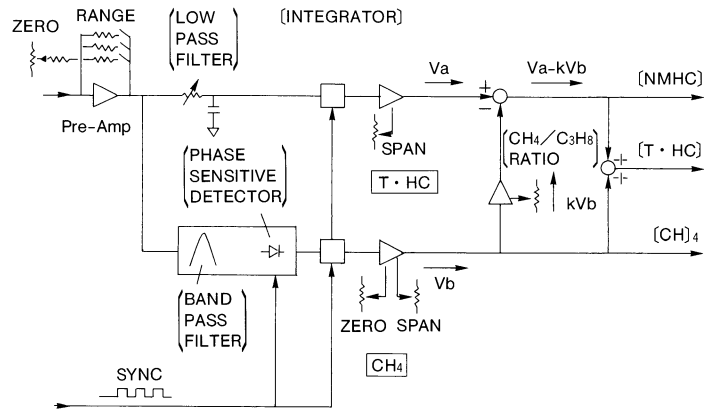


図11 FIA-222の信号処理ブロック図
Signal processing diagram of FIA-222

先の合成された信号(図10中のT・HC+CH₄)は、同期平滑回路(Integrator)により平均化される(この信号をV_aとする)。一方CH₄とZEROで変調された交流信号は、帯域通過増幅器(Band-Pass Filter : BPF)および同期整流回路(Phase Sensitive Detector : PSD)を通り直流となり、さらに同期平滑回路により平均化される(この信号をV_bとする)。

ここでV_a、V_bは(1)、(2)式となり、さらに|T・HC|は(3)式で表される。

$$V_a = |T \cdot HC| + V_b \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$V_b = [CH_4] \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$|T \cdot HC| = [NMHC] + [CH_4] \quad \dots\dots\dots (3)$$

一方、回路上の『CH₄/C₃H₈ RATIO』部では、V_b(=[CH₄])にCH₄/C₃H₈の相対感度を補正する調整係数k(あらかじめCH₄ガスおよびC₃H₈ガス単独でもとめる)を掛ける。そしてこのk・V_bは次式で定義される。

$$k \cdot V_b = V_a - [NMHC] \quad \dots\dots\dots (4)$$

k・V_bは電氣的にV_aより減算され、[NMHC]が(5)式により出力される。

$$[NMHC] = V_a - k \cdot V_b \quad \dots\dots\dots (5)$$

補正後の[T・HC]は、[NMHC]と[CH₄]を電氣的に加算して(6)式により出力される。

$$[T \cdot HC] = [NMHC] + [CH_4] \quad \dots\dots\dots(6)$$

そのほか信号処理上の特長としては、分離した信号ラインの応答時間を調整するために、低域通過フィルタ (Low-Pass Filter ; LPF) を設けている。

4.3 仕様

表3にFIA-222の主な仕様を示す。

測定レンジは、CVS測定の場合は0-5~5000ppmCとし、直接測定の場合は0-25~25000ppmCとした。また直接測定ではNMCの燃焼効率を維持・安定させるために、サンプルガスを分析計の前段で空気希釈することにした。

項目	仕様
形式	FIA-222
測定方法	水素炎イオン化検出法、選択燃焼法 フローチョッピング方式差量演算法 サンプルガス希釈法(ダイレクト測定のみ)
測定対象	自動車排ガス中のT・HC, CH ₄ , NMHC
測定範囲	0~ 5, 10, 50, 100, 500, 1000, 5000 ppmC(CVS測定) 0~ 25, 50, 250, 500, 2500, 5000, 25000 ppmC(ダイレクト測定)
再現性	フルケースの±1%以内(同一試料, 同一条件)
応答速度	T ₉₀ ; 3.0sec以内
ゼロドリフト	±1%F. S. / 8 hr以内(周囲温度±5℃以内)
スバンドリフト	±1%F. S. / 8 hr以内(周囲温度±5℃以内)
ノイズレベル	±1%F. S.以内
試料条件	サンプリング供給圧 ; 30 KPa + 10% - 0% 試料流量 ; 約41/min
干渉影響	相対感度(C ₃ H ₈ 基準); ±5%以内 O ₂ 干渉(C ₃ H ₈ ガス); ±5%以内
NMHCカッターの酸化効率	CH ₄ 15%以内 C ₂ H ₆ 98%以上
直線性	フルケースの±1%以内

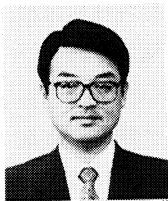
表3 FIA-222の主な仕様
Specifications of FIA-222

5. おわりに

米国の新しい規制は、地球規模で議論されている大気環境問題に対して、非常に大きな一石を投げた感がある。と同時に、自動車とその計測技術に対しては大きな課題を投げている。本稿では、多くの課題の中から、一つの計測技術について検討し、いくつかの提案をした。今後はさらに実験・開発を重ねて、より有効な計測システムについて提案していきたいと考えている。

参考文献

- 1) Proposed Regulations for Low-Emission Vehicles and Clean Fuels, State of California Air Research Board (1990)
- 2) 大橋秀樹, 河原林成行, 中村成男“米国カリフォルニア州におけるローエミッション車規制とその計測法”自動車技術 vol.45, 11, p.9-14(1991).
- 3) Code of Federal Regulations



武田 賢二
Kenji Takeda

生産本部自動車計測開発部 主任
1958年5月10日生
京都工芸繊維大学
工学部生産機械工学科卒業

シャシダイナモメータ上における自動運転装置

Automatic Driving System on Chassis Dynamometer

野口 進治・河原林 成行

Shinji Noguchi, Shigeyuki Kawarabayashi

【要旨】

シャシダイナモメータ上における完成車両の各種試験に使用される自動運転装置を開発した。本装置の目的は、各種試験の省力化はもちろん、運転の再現性の向上、悪環境下での使用等にある。これによって自動車計測試験室の自動化の一環が図れる。本論文では、自動運転装置の目的、システム構成、運転手順、制御方法の概要を示し、合わせて装置としての性能評価について言及した。

Abstract

We have developed an automatic driving system that can be used to perform various tests on the assembled vehicles on the chassis dynamometer. This system was designed with the aim of not only saving power during tests but also to improve the driving repeatability and allow usage in severe environments. Automatic operations in a test laboratory are possible with this system. This paper describes the aim of the automatic driving system and presents an overview of the system configuration, driving procedures and control method. It further describes an evaluation of the performance of the system.

1. はじめに

シャシダイナモメータ上における完成車両の各種モード*¹運転による排ガス・燃費試験の自動化の要求が増々高まっている。自動化の目的は、省力化はもちろんであるが、運転の再現性の向上、低温、低圧下等の悪環境下での無人運転、長時間の無人運転などにある。

この目的のために近年、油圧や空気圧およびDCモータを用いた各種の自動運転装置(以後、運転装置と呼ぶ)が開発され、モード試験等*¹に使用されつつある¹⁻⁵⁾。このような運転装置に要求される機能としては、①モード走行性能(追従性、再現性)が人間と同等以上であること、②完成車両の試験が目的であるから、運転装置を設置するのに車両の改造や変更(シートの取り外し等も含む)を伴わないこと、③運転装置の着脱が容易で時間がかからないこと、④運転操作が容易なことが挙げられる。すなわち、人間の代わりに運転席に“座って”運転するというコンセプトのものが要求されている。

本報告では、DCサーボモータを用いた上記の新しいコンセプトに基づく運

*1 モード
名国或は各社でテスト用に決められた走行パターン(例、10モード(日本)、LA4モード(米)、ECEモード(西欧)等が有名)

転装置の主要な構成、機能の概要と実車走行結果の一例について述べる。

2. システム構成と機能の概要

2.1 システム構成

本システムの全体の構成を図1に示す。このうち本運転装置は、制御部とアクチュエータ部(メカユニットと呼び、図2に示す)から成る。制御部はコントローラとサーボドライブ回路から成る。アクチュエータ部はアクセル、ブレーキ、クラッチの各ペダルを操作するDCサーボモータ各1個とギアをX、Y軸に操作するDCモータがある(計5個のDCモータ)。また、センサとしてはアクセル、ブレーキ、クラッチ、ギアには近接スイッチおよび位置検出のためのエンコーダが付いている。

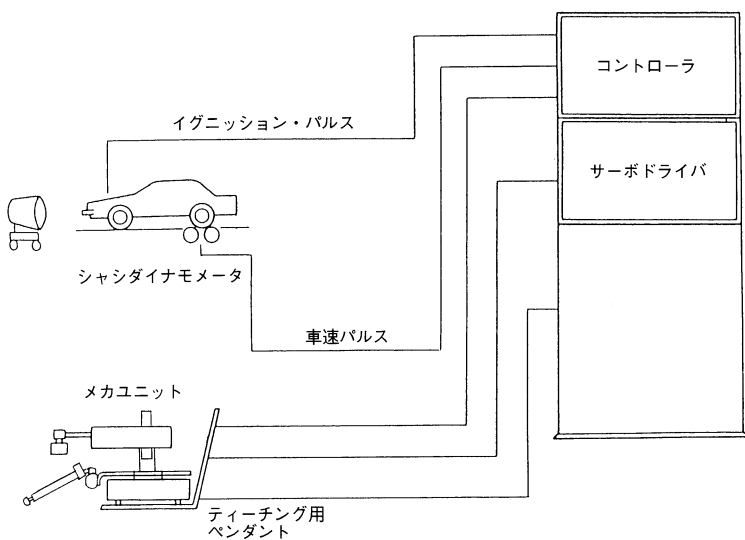


図1 シャシ上自動運転装置全体構成図
Schematic diagram of automatic driving system on chassis dynamometer

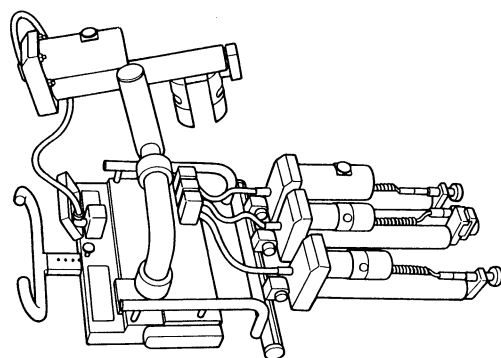


図2 メカユニット外観図
Schematic diagram of mechanical unit

2.2 機能

本運転装置の概略仕様を表1に示す。本システムは完成車両の運転席に人間の代わりに“座って運転する”というコンセプトであるので、運転装置の着脱は3分程度の短時間で済ませ、本運転装置は運転席に固定するという簡単な構造を取っている。

本運転装置の運転操作の手順を示す。

(1) 条件設定

本運転装置は車両に関する情報(Vehicle Data)と走行したいモードの走行パターン(Program Data)の組み合わせを指定すれば、その車両を所定の走行パターンで運転する運転装置である。各条件は、それぞれ90種類が登録できる。

(2) セットアップ

最初に運転装置をシートに乗せ、固定する。次にアクセル用、ブレーキ用、

対象車両	左ハンドル/右ハンドルのMT車/AT車 (コラムシフトMT車を除く)
重量	28kg (メカユニット)
取付方法	運転席取付, 取付時間3分
調整	シフト, ペダル位置学習…自動, 1分以下 車両性能, ゲイン学習……自動, 10分以下
走行モード	排ガス認証モード

表1 自動運転装置概略仕様
A specification of the automatic driving system

クラッチ用の3本の足を各ペダルをうまく踏めるように(各足を横方向と縦方向に)調整する.最後にシフトアクチュエータでシフトノブを把ませセットアップを終わる.

(3) 位置学習と特性学習

位置学習モードではアクチュエータが各ペダルに触れる位置と最大踏込量を自動的に学習する.さらに,アクセルペダルの踏込量とニュートラルでのエンジン回転数の関係を学習し,クラッチペダルについては接続開始点も学習する.シフトレバーについてはシフト位置を自動的に学習する.

以上によって,運転装置は対象車種に対するギア位置,アクセル等のペダル位置に対して学習したことになる.

特性学習モードでは,未登録の車種についてギア比,各シフトアップ時の変速時間およびその間の速度の落込量を学習し,また各ギアにおける走行特性(アクセル開度と加速度の関係)およびブレーキ特性(ブレーキの踏み込み量と減速度の関係)の自動学習を行なう.一度学習し,登録した車種については再度実施する必要はない.

(4) モード運転(車速制御)

車速制御の中心となるのはアクセルとブレーキの制御である.基本的に両者とも,目標車速と実車速を用いてフィードフォワード制御*2とPI制御*3によるフィードバック制御*4によって車速制御する.車速制御系の基本的な制御ブロック図を図3に示す.モード運転(例えば10モード)に際しては加速領域,定速領域,変速領域および減速領域があらかじめ分かっているので,これに対して望ましい目標車速をコンピュータ内で予測して作成している.モード運転の一例(10モード)とそのときのアクチュエータ動作を図4に示す.

- *2 フィードフォワード制御
外乱等の系の変動をあらかじめ予測し制御する方式
- *3 PI制御
フィードバック制御の1つで,目標値と制御量の偏差を比例動作(P動作)と積分動作(I動作)で吸収する方法であり,広く用いられている.
- *4 フィードバック制御
制御量をフィードバックすることにより,目標値と制御量の偏差を消し去る方法

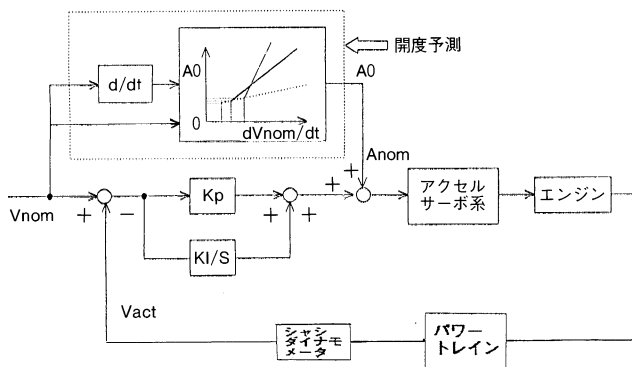


図3 車速制御ブロック図
Block diagram of speed control system

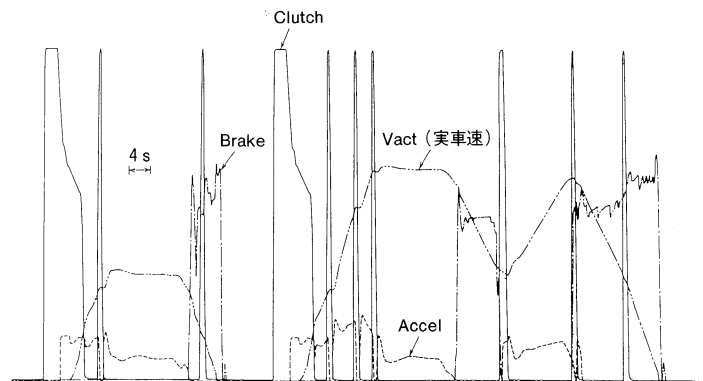


図4 10モードでのアクセル,ブレーキ,クラッチの動作例
An example of movement of accelerator, brake and clutch pedals on Japan 10 mode

2.3 運転操作と制御方法

運転操作については図5のフローチャートに示す.制御方法については大別すると発進制御,車速制御,変速制御から成る.以下に各制御方法について説明する.

(1) 発進制御

発進制御はエンジン回転数制御で,アクセルとクラッチを操作する.所定の加速度となるようにアクセルを踏み込み,半クラッチから所定の速度となるよ

うにクラッチアクチュエータを操作してクラッチを接続する。

(2) 車速制御

車速制御は、図3に示したように目標車速に速く収束するように目標加速度をフィードフォワード制御し、目標との速度差をPI制御でフィードバック制御してアクセルを操作するのが基本である。すなわち、目標車速が加速、定速状態では、アクセルのみの制御である。もし、実速度が目標車速を越えるとアクセルを閉じてエンブレキのみで偏差がゼロとなるまで待ち、ブレーキは操作しない。

目標車速が減速状態でも、通常はアクセル制御であるが、アクセル開度がゼロになった場合にはブレーキ操作を行なう。AT車の場合、速度ゼロ保持はブレーキを操作して行う。

(3) 変速制御

変速制御はアクセル、クラッチおよびシフトレバーの各アクチュエータの位置のシーケンス制御である。変速コマンドによりクラッチを切りシフトレバーを次の位置に操作し、その変速位置で生じるべき加速度が得られる位置までアクセルのアクチュエータを操作しつつクラッチを接続する。

3. 実験結果

運転装置でも人間ドライバーでも、①アクセル、ブレーキ、クラッチや変速機などの操作量の挙動、②走行結果のモード追従性、再現性、③走行結果の排ガス量、燃費などのそれぞれの結果の絶対値および相互の相関関係の評価が重要である。特に、上記のうち相互の相関関係を定量的に評価する方法(評価指標)が今のところ見あたらないように思われる。

これが明らかになれば、①運転装置同士(人間同士)の運転性能の関係、②運転装置と人間との運転性能の関係がより客観的に評価できることになる。さらに、③運転装置をどのように調整すれば人間(例えば、初心者から名人ドライバーまで)に近い(或いは逆に、遠い)運転ができるかという知見が得られ、人間の運転知識(ノウハウ)を運転装置に移植できることになる。

以上のことを目的として、運転操作の挙動、走行性能結果の相関関係を運転装置と人間の場合について回帰特性によって定量的に明らかにした^{6,7)}。

3.1 運転挙動の評価

図6に本運転装置で10モード走行した時の吸気マニホルド圧の回帰特性を示す。標準偏差は運転装置では3.1kPaであり、人間のベテランでは4.4kPaであり、運転装置の方が再現性がよい。

3.2 走行速度の再現性

図7に本運転装置で10モード走行した時の走行速度の再現性の回帰特性を示す。標準偏差は、本運転装置の場合0.56Km/Hであり、ベテラン者では0.63Km/Hであり、本運転装置の方が再現性がよい。

3.3 走行速度の追従性

図8に本運転装置で10モード走行した時の走行速度の追従性の回帰特性を示す。標準偏差は、本運転装置の場合0.34Km/Hであり、ベテラン者では0.86Km/Hであり、本運転装置の方が追従性がよい。

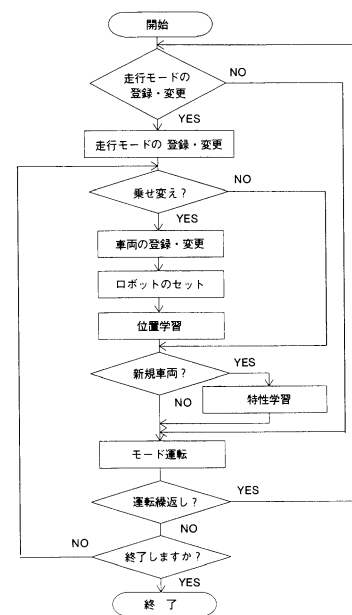


図5 運転操作の概略フローチャート
A flow chart of driving mode

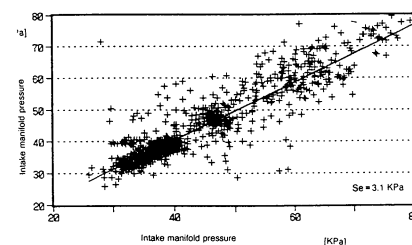


図6 自動運転装置の吸気マニホルド圧の回帰特性
Repeatability of intake manifold pressure using the robotic driver evaluation

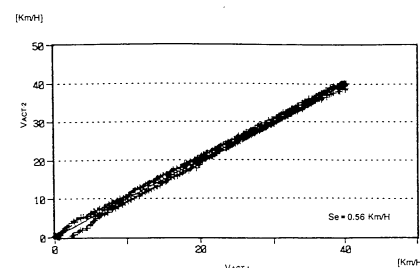


図7 自動運転装置の再現性の回帰特性
Repeatability of speed using the robotic driver

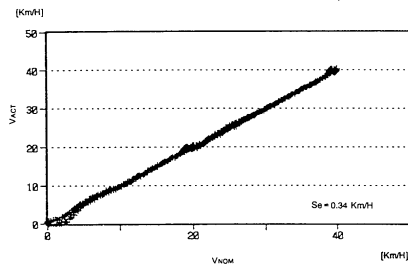


図 8 自動運転装置の車速追従性の回帰特性
Traceability of speed using the robotic driver

4. おわりに

新しいコンセプトに基づくシャシダイナモメータ上の自動運転装置の概要について述べた。すなわち、人間の代わりに運転席に“座って”運転し、エミッション・燃費テストを行なう自動運転装置の機能、性能の概要を示した。運転挙動、走行性能とも良好な結果が得られている。今後データを積み重ね、必要な改善をしていく予定である。ユーザをはじめ関係各位のご指導、ご支援をお願いしたい。

【参考文献】

- 1) 藤川他, シャシダイナモ上での車両ロボット運転装置の開発, トヨタ技報, Vol.39, No. 1, p.74(1989.6)
- 2) 村岡他; 排気耐久シャシダイナモにおけるシミュレーションシステム, 自技会誌, Vol.29, No. 5, p.440(1975)
- 3) 村瀬他; 空気圧シリンダによる排気・燃費評価用車両運転装置の開発, 自技会学術講演会前刷, p.627(1986.10)
- 4) 原他; 排出ガス研究用走行シミュレートエンジン実験装置の開発, 交通安全公害研究所報告第3号, p.31(1975.3)
- 5) 原; 自動車エンジンの公害対策総合性能解析法の研究, 交通安全公害研究所報告第5号, p.35(1975.2)
- 6) 野口他; シャシダイナモメータ上モード運転における運転性能評価方法の提案, 内燃機関, Vol.30, No.380, p.73(1991.6)
- 7) 野口他; シャシダイナモ上における自動運転装置の開発, 自技会学術講演会前刷924, p.109(1992.10)



野口進治
Shinji Noguchi
生産本部自動車計測開発部 係長
1947年6月20日生
大阪大学大学院修士課程
基礎工学研究科機械工学修了



河原林成行
Shigeyuki Kawarabayashi
生産本部知的所有権部 部長付
1949年12月10日生
同志社大学大学院修士課程
工学研究科電気工学修了

トランジェント運転に対応する自動エンジン計測システム

Model HERT-380 Engine Performance Test System

三輪 清和・木村 信治

Kiyokazu Miwa, Shinji Kimura

要旨

近年、自動車業界ではより一層の高品質・高性能化と同時に省人化、効率化が大きな課題となっている。排出ガス測定装置もまたより使い易いものが求められている。とくに米国環境保護庁(EPA)が規定している大型重量エンジン(Heavy Duty Engine: HDE)排出ガス試験では、1秒毎のエンジン速度とトルクを連続的に定めた走行モードを、エンジンダイナモメータ上で再現させることを規定しており、手動で運転する事は困難であった。

今回、フィードフォワード制御を応用した新しい制御手法を考案し、エンジンの開発時間の短縮を図り、かつ高精度の過渡試験を既存の設備を使って行える制御計測システムを開発した。

本稿では、この制御方法を中心として自動運転装置と計測/データ処理装置の構成、機能について紹介する。

Abstract

In recent years, two major concerns of the auto industry have been (1) increased labor savings and efficiency and (2) higher quality and performance. The here are also demands to make emission measurement methods easier to use. In particular, the heavy duty engine (HDE) emission test specified by the Environmental Protection Agency (EPA) uses an engine dynamometer to simulate the drive mode in which the engine speed and torque-per-second are continuously specified. This test is difficult to perform manually and requires an expensive system. In order to shorten the engine development time, we have devised a new control method using a feed forward control. Based on this method, we have developed a controlled measurement system which allows accurate transient tests to be made using conventional equipment. This paper describes the configurations and capabilities of the automatic operation system and the measurement / data processing system, focusing on the use of the new control method.

1. はじめに

当社では、台上エンジン*1の汎用性能試験や耐久試験の自動運転、自動計測およびデータ処理を行うシステム(HERT-100/300シリーズ)を開発し、定常状

*1 台上エンジン
エンジンダイナモメータに接続された供試エンジン
吸排気装置等の付属装置の使用は、
通常試験方法によって定義

態での台上エンジン開発の自動化を図ってきた。

一方、エンジンの研究開発が進むにつれて過渡状態の計測が必要とされ、過渡計測システム (HERT-500) を開発してその要求に答えてきたが、さらに今回、トランジェント運転^{*2}を含む台上エンジンの排出ガス規制モードを走行できる自動運転装置と、各種排出ガス試験に完全に対応できる計測/データ処理装置、およびこれを組み合わせたエンジン計測システム (HERT-380) を開発した。

*2 トランジェント運転
刻々とエンジンの状態を変化させていく運転方法

2. システムの概要

本システムの装置外観を図1に、システムブロック図を図2に示す。

本システムは、各国の代表的な規制モードを忠実に再現する事はもちろん、制御が難しいと言われる渦電流式ダイナモ (Eddy-Current Dynamometer : EC-DY) においても、同等の精度を得る事ができる。また、粒子状物質 (Particulate Matter : PM) の計測をはじめ、各種の自動車排出ガス規制試験に定められる計測・データ処理も行いう事もできる。

このシステムの大きな特徴は、①自動運転装置とデータ計測装置の連動による排出ガス試験の簡素化と効率化、②エンジンを交換する度に発生する運転パターンの再設定作業をなくす、③オペレータによる分析機器の操作・データ収集を必要としない、④試験結果の出力まで全てが自動化されている事である。

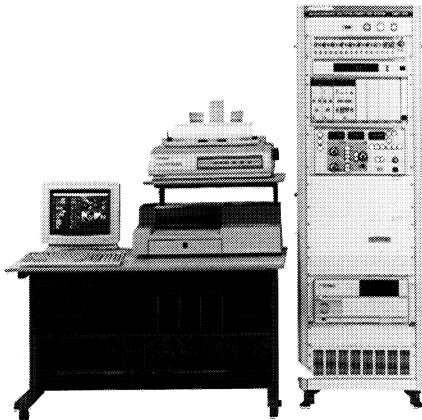


図1 自動エンジン計測システム (HERT-380)
Engine performance test system (HERT-380)

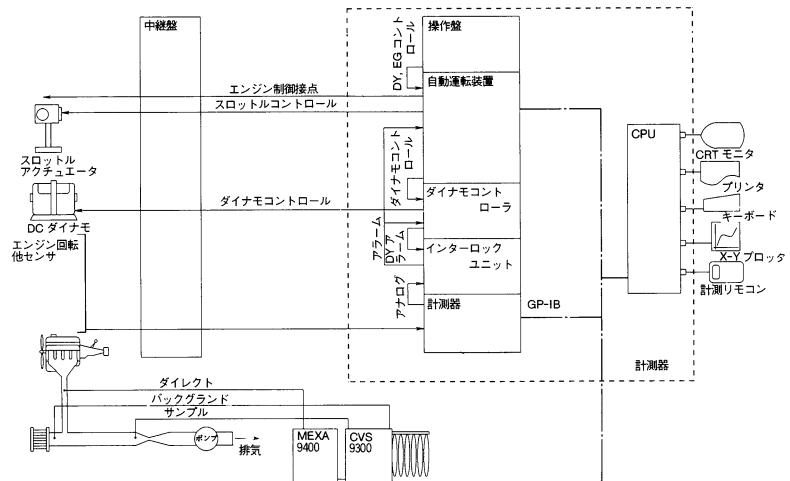


図2 HERT-380のシステムブロック
HERT-380 : System blockdiagram

3. 制御方法

本システムでは、新しく用いたダイナミックフィードフォワード方式^{*3}によるエンジン制御と、エンジン・マップ^{*4}を利用したエンジンとダイナモを同時に制御する方式を用いており、あわせてダイナモ固有の制御遅れとダイナモ慣性量の項を考慮する事により、EPA 1199モードなどのトランジェント運転を可能にした。エンジンに対しては、定常かトランジェントかの運転モードにより2種類の制御方法を、ダイナモにはその慣性を考慮した目標値を算出して制御する方式を用意した。

また、ダイナモ自体のもつ種々の特性に合致させるために、エンジン制御指令値とダイナモ制御指令値の間に遅れ時間を発生させ、この値を調整すること

*3 ダイナミック・フィードフォワード方式
フィードフォワード値を基にリアルタイムの加速度による制御手法切り換えも可能であるフィードバック制御方式
*4 エンジン・マップ
フィードフォワード値として制御に使用する予測値のデータ群

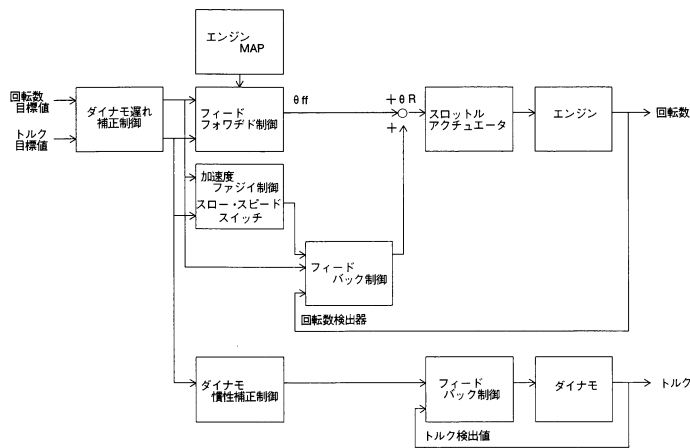


図3 HERT-380の制御ブロック図
HERT-380: Control blockdiagram

による補正方法を導入した. HERT-380の制御ブロック図を図3に示す.

3.1 スロットル制御(エンジン制御)

まず, 図4に示すように運転パターンで設定された目標回転数と目標トルクから加速増加分を演算し, この値と各目標値によりエンジン・マップから予測スロットル開度を求め, これをフィードフォワード値として制御に使用する. EPA 1199モードや汎用トランジェント排出ガス試験のような追従性を重視した運転モードでは, 図5に示すようにフィードフォワード値を基にリアルタイムでフィードバック制御する方式を用いている.

日本の13モードや汎用定常排出ガス試験のような定常状態での安定性を重視した運転モードでは, フィードフォワード値を基にリアルタイムに加速度の大小で判断し, 最急降下法または比例制御に自動的に切り替えてフィードバック制御する方式を用いている.

このフィードフォワード値を得るために, モード運転を行う前にあらかじめ学習運転を行いエンジンマップを次のように作成する. ダイナモをトルク制御, エンジンを回転数制御の定常状態にして, 各点のエンジン回転数, 軸出力トルク, スロットル開度のデータを採取しエンジン・マップに展開する.

3.2 ダイナモ制御

本システムは既存設備を使用することを前提にしており, ダイナモ制御はダイナモコントローラにて行うため, 目標値出力に補正をする必要がある. また, ダイナモにはそれぞれ固有の慣性があるために, コントローラ目標値に用いるダイナモトルクと軸トルクとは加減速時に相違が発生する.

この慣性力を打ち消すために, ダイナモに与える指令値は, 目標値の加速度演算によりダイナモコントローラの慣性量からリアルタイムに補正し, ダイナモ出力軸目標値として出力する. これらの関係を次式に示す.

$$T_y = T_x - I \cdot \omega + T \omega$$

ここで, T_y : トルク指令値, I : 慣性モーメント

T_x : トルク目標値, ω : 角加速度

$T \omega$: 摩擦損失トルク

3.3 ダイナモとエンジンの制御

ダイナモには, 本体固有の動作遅れと立ち上がり遅れ(トルクゼロ付近から

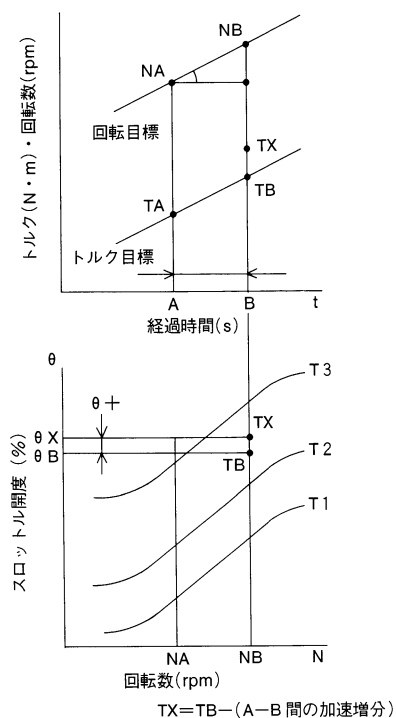


図4 エンジンマップの使用方法
How to use engine-map

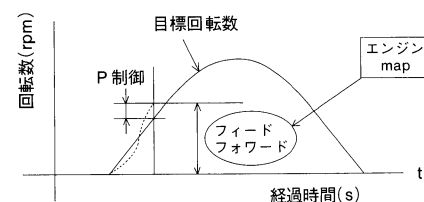


図5 ダイナミックフィードフォワードの制御概念
Concept of dynamic feedforward control

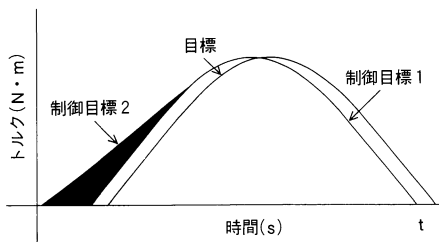


図6 ダイナモの遅れ補正の制御概念
Concept of lag time compensation on chassis dynamometer

の立ち上がり)があり、エンジンと同時に制御しても同期しない場合が多い。そこで、エンジンおよびダイナモの各制御指令値の間に遅れ時間を発生させ、この時間を調整することによって遅れ分を補正し(図6)、運転精度の向上を図ると同時に、ダイナモの種別等に関係なく制御できるようにした。

4. 自動運転装置

本装置は、前述した制御方法を用いてトランジェント運転を行い、かつその運転結果から検証データを算出し、精度を判定するものである。

本装置を用いて EPA 1199モードを運転した結果(チャート出力)を図7に、日本の13モードを運転した結果を図8に、EPA 1199モードの検証データを表1にそれぞれ示す。

	EPA	EPAの1/2	実測データ	
回 轉 数	回帰直線の 勾配 m	0.90~1.030	0.985~1.015	0.9992
	回帰直線の y切片 b	±50min ⁻¹	±25min ⁻¹	8.736min ⁻¹
	標準偏差 SE	100min ⁻¹	50min ⁻¹	47.86min ⁻¹
	相関係数 r ²	min. 0.9700	min. 0.9850	0.9992
トル ク	回帰直線の 勾配 m	ホット 0.83~1.03 コールド 0.77~1.03	ホット 0.915~1.015 コールド 0.885~1.015	0.9569
	回帰直線の y切片 b	±15ft·lbs (20.33N·m)	±7.5ft·lbs (10.16N·m)	1.752N·m
	標準偏差 SE	パワーマップの最大 エンジントルクの13%	パワーマップの最大 エンジントルクの6.5%	5.734%
	相関係数 r ²	ホット min. 0.8800 コールド min. 0.8500	ホット min. 0.930 コールド min. 0.975	0.9815

表1 回帰直線の公差
Deviation from linear regression

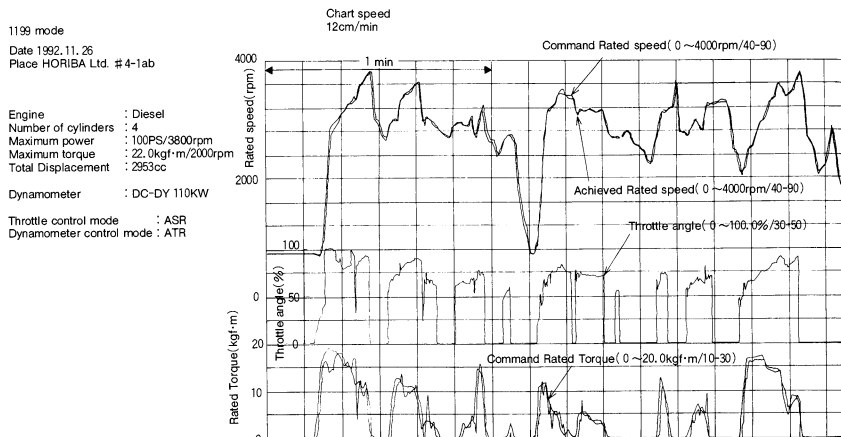


図7 EPA1199モードによる運転例
An example of driving-pattern in EPA 1199 mode

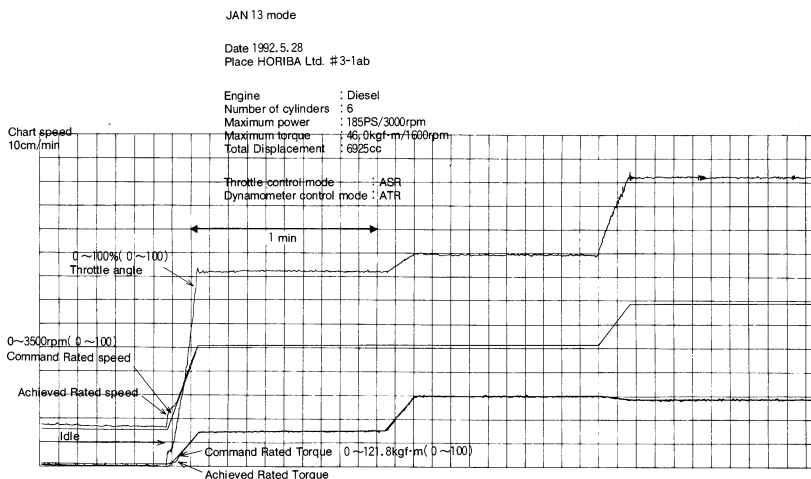


図8 日本の13モードによる運転例
An example of driving-pattern in Japan 13 mode

EPA 1199モードおよび日本の13モードはEC-DY上で運転したものであるが、何れの場合もほぼ目標値通りに制御されていることがわかる。また、検証データはEPAに定められた除外項目を含んだものであるにもかかわらず、開発目標としたEPAの1/2以内の誤差(2倍の精度)に納まっており、除外項目を入れると、さらに高い精度がでることがわかる。

本装置は単独でも動作させることが可能で、その場合は運転パターン設定用の CRT とキーボードが付属する。

本装置は、実際に運転制御を行う指令発生/制御装置の他に、以下のユニットで構成されている。

- ①操作ユニット：手動運転を行うための装置
- ②インターロック・ユニット：エンジンおよびダイナモの異常監視装置
- ③スロットルアクチュエータ：トランジェント運転用高応答アクチュエータ
- ④ダイナモ・インターフェイス：既設ダイナモとの信号取り合い部

5. 計測/データ処理装置

排出ガス試験を自動化するには、その規制モードを自動運転するだけでなく、各規制試験に従ってデータを収集し処理する必要がある。とくに、日本の13モードや ECE-R49モードでは排出ガスのサンプリング・タイミングや演算が複雑であり、この部分の自動化の意義は大きい。

本装置は、基本的には自動運転装置と組み合わせて1つのシステムを構成するが、それぞれ独立した装置となっているため、既に自動運転装置があるユーザには、この計測/データ処理装置のみ納入することもできるようになっている。

また本装置は、新型自動車審査関係基準集(Traffic Safety and Nuisance Research Institute's Automotive Type Approval Test Standards: TRIAS, 日本)や CFR(Code of Federal Regulations, 米国)などの規制に準拠した自動計測とデータの出力を基本にしているが、顧客による独自の試験も、2種類の汎用排出ガス計測と汎用帳票・作図処理で行えるように考慮されている。

さらに本装置は、規定された排出ガス試験を簡単にまちがいをなく行うために、自動運転装置側で目標値の非正規化(最大値の%で示される値を絶対値に変換する)を行えるようにし、運転目標値を正規設定とすることによりエンジンの乗せ換え時などに運転パターンを再設定する必要性をなくした。

5.1 対象試験

本装置でデータ処理可能な排出ガス試験としては、①日本の6モード(ディーゼル/ガソリン)、②日本の13モード(ディーゼル/ガソリン)、③ECE R49モード、④EPA 1199モードとなっているが、この他に ISO 8モードや13モード、CARB 6モードにも対応可能(オプション)である。

また、次のような汎用排出ガス計測モードも用意し、新しい規制や各顧客独自のモードでも、計測/データ収集ができるように考慮した。

- ①汎用トランジェント排出ガス試験
- ②汎用定常排出ガス試験
- ③一般性能試験(原動機負荷試験, 出力試験)

5.2 主な機能

本装置の持つ主な機能を次に示す。

- ①ミニトンネル*5分流比の計算
CO₂ガストレース法*6、またはベンチュリ流量比法
- ②サンプル重量の計算
計測周期毎に希釈濃度と CVS 流量を収集して積算するか、またはサンプルバッグから測定

*5 トンネル
粒子状物質を均一に採取する為の筒状の希釈装置のことで、排出ガスを全て希釈する全量希釈法で使用するフルダイリュージョントンネルと一部分を希釈する部分希釈法で使用するミニダイリュージョントンネルがある

*6 CO₂ガストレース法
分流前の CO₂濃度と分流・希釈後の CO₂濃度から、分流の比率を計算する手法

③帳票出力

日本の13モードやECE-R49モード等の定常排出ガス試験用として、各モード毎のデータに総排出重量やPM等を付加した標準タイプ(図9)と、1199モード等の過渡排出ガス試験用に印字開始終了時間を指定して出力

④作図

定常排出ガス/性能試験とトランジェント排出ガス試験(図10)

⑤データ管理

データの修正、および市販のワープロや表計算ソフトで本システムの計測演算データおよび試験結果が利用できるASCII変換*7

⑥運転パターン設定

汎用試験の運転パターン設定

*7 ASCII変換

データファイルを市販のエディターや表計算ソフトで使用できるようにASCII形式に変換すること

1-# No.	エンジン 回転数 rpm	エンジン トルク kgf-m	燃料供給 流量 l/h	吸入空気 流量 m ³ /min	調停温度 度 °C	CO (%)	THC (%)	NOx (%)	CO2 (%)	排出ガス 温度 °C	燃料温度 °C	C.V.S.値 時速度
1	389	1.43	1.25	1.95	29.54	4.2	5.4	1.4	0.058	74	28.19	15.13
2	1151	9.78	4.43	3.67	42.13	8.5	9.0	4.8	0.109	146	28.20	15.13
3	1153	19.33	4.62	3.65	44.43	7.1	9.1	9.3	0.146	213	28.19	15.13
4	587	1.59	1.25	1.93	43.22	3.6	5.4	1.4	0.057	88	28.20	15.13
5	1728	9.97	7.27	5.52	49.52	12.0	11.5	5.8	0.153	192	28.20	15.14
6	1728	19.89	10.73	5.48	49.29	9.5	9.8	11.6	0.211	279	28.19	15.14
7	2261	19.07	15.17	7.44	53.35	12.6	11.0	14.7	0.287	337	28.19	15.15
8	2261	28.62	19.93	7.40	55.72	9.9	11.0	23.0	0.369	426	28.18	15.15
9	1728	27.07	13.36	5.44	53.78	7.7	9.2	17.1	0.256	300	28.18	15.13
10	1728	29.79	16.09	5.37	54.70	5.1	7.8	26.2	0.346	400	28.19	15.14
11	1727	46.00	21.92	5.32	55.51	12.3	6.4	28.3	0.399	582	28.19	15.13
12	2008	37.90	25.68	7.34	58.31	13.1	8.1	30.2	0.463	565	28.20	15.14
13	1728	3.55	4.96	5.50	54.08	12.7	11.6	3.5	0.114	184	28.20	15.14

測定	Sample	CO	9.101 ppm	CO2	0.228 %	T-RC	8.867 ppmC	NOx	13.640 ppm
Air	CO	0.300 ppm	CO2	0.040 % <td>T-RC</td> <td>2.836 ppmC <td>NOx</td> <td>0.013 ppm </td></td>	T-RC	2.836 ppmC <td>NOx</td> <td>0.013 ppm </td>	NOx	0.013 ppm	
Net	CO	8.801 ppm	CO2	0.188 % <td>T-RC</td> <td>6.031 ppmC <td>NOx</td> <td>13.626 ppm </td></td>	T-RC	6.031 ppmC <td>NOx</td> <td>13.626 ppm </td>	NOx	13.626 ppm	

排出重量	CO	3.18877 g/kw-h	CO2	881.279 g/kw-h	THC	1.17718 g/kw-h	NOx	5.32943 g/kw-h	Particulate	0.72438 g/kw-h
------	----	----------------	-----	----------------	-----	----------------	-----	----------------	-------------	----------------

図9 定常排出ガス試験結果の印字例
An example of emission test result

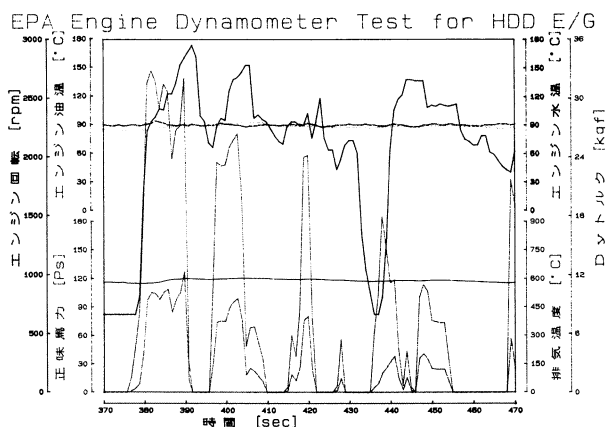


図10 EPA1199モードによる試験結果の作図例
An example of engine dynamometer test result on EPA 1199 mode

6. おわりに

以上、ディーゼル・トランジェント計測システムを主体に、その制御方法と機能の概略を述べた。本システムは、新しい制御手法を用いて飛躍的に精度を高め、かつ計測/データ処理装置とのデータ・リンクによる大型エンジンの排出ガス試験の効率向上を狙うものである。今後、汎用エンジンを中心とした制御ならびに計測精度の一層の向上、より高機能の計測/データ処理の開発をすすめ、ユーザの皆様の効率向上にお役に立ちたいと願っている。



三輪清和
Kiyokazu Miwa
生産本部自動車計測開発部 主任
1957年6月23日生
関西大学
工学部金属工学科卒業



木村信治
Shinji Kimura
生産本部自動車計測開発部
1962年12月10日生
同志社大学
工学部機械工学科卒業

蒸散ガス測定設備 SHEDシステム

Sealed Housing for Evaporative Determination

大橋 秀樹

Hideki Ohashi

要旨

1995年以降の新型ガソリン及びメタノール車に対して CARB は蒸散ガスの規制を強化した。測定方法、内容とも従来の方式とは大きく異なっている。新しい規制では密閉された部屋の中で72時間、所定の温度変化を車に与えた時、発生する炭化水素またはメタノールを測定する DBL 試験と、実際の路上走行で得た燃料タンクの温度を再現しながら走行中の車からの蒸散を計る Running Loss 試験が定められた。

本稿ではこれらの試験を行うための設備である蒸散ガス測定設備 (SHED) および CARB の設備要求項目に基づく試験結果について紹介する。

Abstract

The California Air Resource Board (CARB) has reinforced the evaporative emission regulations for new gasoline and methanol vehicles sold as of 1995. The new regulation specifies two tests: the diurnal breathing loss test (DBL) and the running-loss test. The DBL test measures the amount of hydrocarbons (or methanol) generated after the test vehicle has undergone specified temperature changes in a sealed housing for 72 hours. The running-loss test simulates fuel-tank temperatures (based on values obtained from actual road runs) and measures the total quantity of the evaporative emission from the running vehicle. This paper describes the SHED system used to make these two tests and gives test results based on the system requirements specified by the CARB.

1. はじめに

従来、米国における蒸散ガス^{*1}の規制は被試験車を蒸散ガス測定設備 (Sealed Housing for Evaporative Determination : SHED) 内に設置して、燃料タンクのみを昇温させる方法にて試験されていた¹⁾。しかし、今回提案された新しい規制²⁾では、カルフォルニアの炎天下に車を放置、あるいは走行中に蒸散する炭化水素ガス (Hydro Carbon : HC) が問題であるとして、その試験法が大きく変更され、DBL (Diurnal Breathing Loss) 試験と R/L (Runnig-Loss) 試験が導入された。

ここでは、これら新しい試験法の導入による設備上の問題、すなわち、DBL

*1 蒸散ガス
車(特に燃料系)から発生し大気に放出されるガスで、SHED では有機性ガスをいう

試験設備では気密を保ちながら内圧を一定にする方法、R/L 試験設備ではモード運転中の熱発生と温度を一定にする方法などの検討結果について報告する。

2. 規制及び設備要件

CARB は環境汚染防止強化の一環として、排出ガス規制と同様に1995年以降の新型車の大気への蒸散 HC 量を表 1 のように規定した²⁾。蒸散ガスの規制そのものは以前より行われていたが、今回は測定方法を変更した。DBL 試験における従来 SHED との比較を表 2 に示す。

車のタイプ	モデル年	HC または OMHCE	
		ホットソーク+ダイアナル (グラム/テスト)	ランニングロス (グラム/マイル)
乗用車 軽量トラック 中型車 大型車	1978 -1979	6.0	
乗用車 軽量トラック 中型車 大型車	1980 -1994	2.0	
乗用車 軽量トラック 中型車 (6,000-8,500 lbs. GVWR) (8,501-14,000 lbs. GVWR) 大型車 (over 14,000 lbs. GVWR)	1995年 以降	2.0	0.05

表 1 CARB の蒸散ガス規制の一部
Evaporative emission regulations on
CARB

	従来SHED	新SHED
SHED温度	SHED内 表面20°C以上	所定のプログラムの温度サイクル変化 ±2°F (1.1°C) 以内 (平均) ±3°F (1.6°C) 以内 (瞬時)
燃料タンク 温度コントロール	一定比率昇温 ±1.6°C以内	
測定時間	1H	72H
SHED内圧		±2インチH ₂ O以内 [498.18Pa]
BG	0.4g以内/4H	0.05g以内/4H 105°F (40.6°C) にて
リテンション チェック	±4%以内/4H	±3%以内/24H 温度サイクル変化にて

表 2 DBL SHED の仕様の比較
Specifications of DBL SHED

項目	内容
SHED温度	105°F 一定 ±2°F 以内 (平均) ±5°F 以内 (瞬時)
燃料液相温	プロファイルデータに対して±3°F以内
燃料気相温	プロファイルデータに対して LA-4 3回目のアイドル時±3°F以内
BG	0.4g/4H
SHED内 表面温度	125°F 以下 70°F 以上

表 3 R/L SHED の設備要件
Facility requirement for R/L SHED

*2 キャニスタ
車の燃料系から蒸散する HC を大気
に放出しないように付けられた装
置。主に活性炭を用いる。

*3 エンクロージャ
試験車を入れ、SHED テスト中の
蒸散ガスを保持するために断熱パネ
ルで囲い密閉した部屋のこと

蒸散ガス測定は、排出ガス試験も含めた一連の自動車型式試験の中で行われるが、大きくは1日の温度変化による駐車車両からの発生を模擬する DBL 試験と、市街走行での発生量及び走行後駐車を考慮した R/L 試験、ホットソーク試験より構成される。

従来の、キャニスタ*2を単体で試験する規定を定めた国はあったが、シャシダイナモメータ上で走行しながら SHED 法で蒸散ガスを試験する R/L 試験が導入されたのは今回が初めてである。表 3 に R/L SHED の主な設備要件を示す。

3. DBL SHED

3.1 温度変化と圧力吸収

DBL 試験では、SHED 内に試験車を入れ、18.3°C ~ 40.6°C ~ 18.3°C の温度サイクルを3日間(72H)繰り返す。このとき試験条件を一定にするために、SHED 内の圧力変動を吸収するための装置が必要になる。我々は試験中の温度変化による圧力変動と大気圧変動を考慮して、約14%の圧力吸収部を設計した。

SHED 内の圧力を吸収する方法としては、①天井パネル移動法、②バッグ法(自然吸排気型、強制吸排気型)、③リーク法など色々な構造が考えられている。

我々は構造が簡単でメンテナンスのやりやすい自然吸排気のバッグ方式を採用し、フッ化樹脂シートを貼り合わせた多数のバッグを内部に設置した。一方、温度調節は熱源に温・冷水タンクを設け、冷却コイルと加熱コイルを分け、各々のフィンコイルに流れる流量を制御し所定の温度を得られるようにした。

空調を含めた DBL SHED 全体のブロック図を図 1 に示す。なお、エンクロージャ*3の外形寸法は、約6.5m^W×3.1m^D×2.6m^Hとなっている。

DBL 試験の温度勾配は最大 4℃/h 程度であるが、実際の SHED では温調リプルに起因する圧力変動が問題となる。そこで我々は、吸排気ポートなどを配管部分の圧力損失を考慮して取付方法や数を選定した。

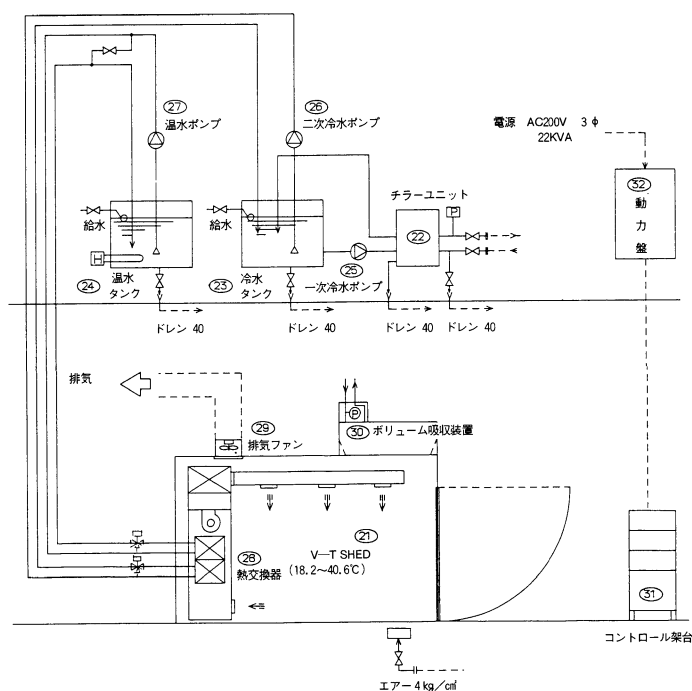


図 1 DBL SHED のシステム構成
System Configuration of DBL SHED

3.2 リーク

密閉され、かつ HC の脱吸着がないのがエンクロージャーの条件であるが、CARB では SHED のリークを直接計る方法は特に定めてはいない。HC の脱吸着を含めた総合試験としてプロパンの保持力試験を規定している。

ハウジングの構造上リークを完全にゼロにするのは非常に難しいが、SHED の内圧はできる限り小さくし、圧力リプルを抑える方がよいと考えている。

一方、微量の HC 測定を行うためにはパネル接合部や貫通穴部などからのリークの防止のために使うシール剤から放出される HC 成分を低減させることが重要となる。このため、シリコン系のシール剤を厳選することが必要となる。

3.3 ラッチ再現性とリテンションチェック

試験前の SHED の容積を決めるためには可変容量のバッグを用いるため所定の体積にバッグをふくらませる必要がある。これをラッチ操作と呼び、その再現性を調べた。

まず、SHED 寸法を実測して容積を求め、続いて既知量のプロパンを注入する試験で濃度より SHED 容積を逆算して検証した。この差は±2%以内と規定されている。次に公称容積までバッグに空気を入れてラッチ、同様にプロパン注入試験で容積を算出した。再現性は、バッグの排気一再ラッチを数回繰り返して求めた。さらに、リーク及び HC の吸脱着を調べるため、プロパン

*4 リテンションチェック
 エンクロージャー内の HC 保持力、
 特にリーク、吸脱着が所定の時間内
 で放置した時どくなるかを調
 べるテスト

注入の目盛試験のあと24Hの保持力試験を行った。

温度の変化は通常の試験と同様である。表4にラッチ再現性を、表5リテンションチェック*4の結果を示す。

	18.3°C ラッチ量5.5m ³			40.6°C ラッチ量0m ³			40.6°C ラッチ量1.5m ³		
	①	②	③	①	②	③	①	②	③
プロパン [g]注入量	3.85	3.25	2.63	5.30	7.52	7.44	4.23	5.58	3.24
T. HC濃度 [ppmC]	121.9	10.6	89.8	173.8	242.8	241.7	143.4	185.7	109.0
BG [ppmC]	5.6	5.4	4.9	6.2	5.1	6.3	6.5	4.5	4.3
大気圧 [KPa]	101.22	101.22	101.22	100.29	100.29	100.35	100.34	100.35	100.26
SHED室内温度 [°C]	18.2	8.6	18.4	41.0	40.8	41.1	40.6	41.0	40.7
V _a [m ³]	50.151	50.402	50.505	56.070	56.058	56.020	54.687	54.565	54.831
V _a [m ³]	50.353			56.049			54.694		
平均値との偏差 [%]	-0.4	0.1	0.3	0	0	-0.1	0	-0.2	+0.3

	V _a =54.783m ³ ①40.6°Cから		V _a =50.783m ³ ②18.3°Cから	
	開始時	終了時	開始時	終了時
プロパン [g]注入量	6.50		4.06	
T. HC濃度 [ppmC]	222.8	225.9	135.9	138.0
BG [ppmC]	13.5		5.5	
大気圧 [KPa]	101.47	101.63	101.6	101.6
SHED室内温度 [°C]	40.6	40.6	18.3	18.7
HC質量 [g]	6.55	6.65	4.08	4.15
増減比 [%]	+1.5		+1.7	

表4 ラッチ特性
 Latch characteristics

表5 リテンションチェックの結果
 Results of retention check

4. Running-Loss SHED

4.1 温度分布と圧力変動

当社製のローラ径220mmシャシダイナモメータRDDY-1210を用いたR/L SHEDの空調を含めたブロック図を図2に示す。なお、エンクロージャの外形寸法は、約11.5m^W×4.7m^D×2.8m^Hとなっている。温度調節された風は車の前方下部より吹き出し、後方上部より吸引する。図3に室内40.6°Cに温度調節している時の温度分布を示す。

SHED内部の温度調節の変動は、SHED内部の圧力変動となり、リーク量が增大する。そこで、R/L SHEDにも圧力吸収バッグを取り付けてこの影響の軽減を計った。

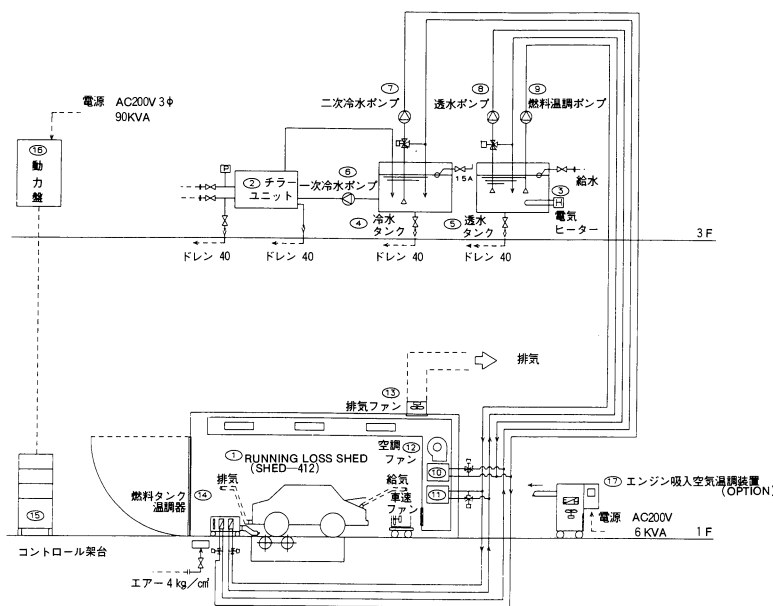


図2 R/L SHEDのシステム構成
 System Configuration of R/L SHED

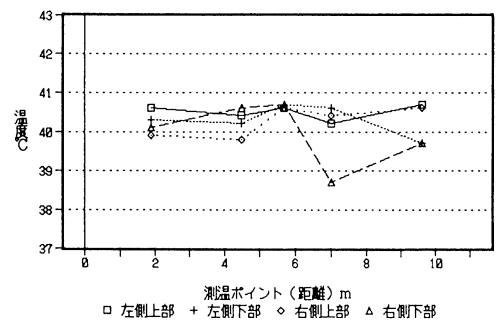


図3 R/L SHED内部の温度分布
 Temperature distribution in R/L SHED

4.2 バックグラウンドの低減

SHED 内部から発生する HC 成分(バックグラウンド)を極力低減するために種々の工夫を施した。HC を発生しにくいグリスを用いたベアリングやワニスを使わないモータの採用、とくにコーキング材質には考慮を払った。数週間のバックグラウンド測定結果を図 4 に示す。

4.3 プロファイルデータログと燃料タンク温度調節

プロファイルデータログは、ある定められた気象条件下における実際の路上走行中の燃料タンクの液相温度、気相温度などを測定・記録する装置である。R/L 試験は、このログのデータを元に SHED 内で燃料温度を再現して行う。

本装置は、車載型データログ(FPDL-1000)とデータ編集機(FPDM-1000)で構成されている。

(1) 車載型データログ

本装置は、① 8 ch の熱電対の信号を測定・記録データを記録できる、② 総重量 4.5Kg と軽量化、③ 自動車/内蔵いずれのバッテリーでも使用可能、④ 最大 5,000 秒(1 データ/秒)のデータ収録が可能、⑤ メモリーカード使用のため振動に強いなどの特長がある。

(2) データ編集機

車載型データログのメモリーカードのデータを読み込み、R/L 試験で使用する本装置は、ノート型パソコンとカードリーダーで構成され、メモリーカードの保存データから燃料タンクの目標燃料液相温度を算出するために使われる。特長は、① 軽量で車内で使用できる、② 算出されたデータは市販のデータベースフォーマットでフロッピーに保存できるなどである。

5. 温度コントロール、データ処理装置

本コントローラは CARB と EPA の新蒸散ガス試験に必要な計測・制御を自動で行う機器である。R/L 試験用と DBL 試験用の 2 つのタイプがあるが、いずれも次の基本的な機能を有している。

- ① 蒸散ガス試験：エンクロージャ温度の設定・計測・管理
- ② キャリブレーション：法定手順に従いエンクロージャ容積を算出
- ③ ユーティリティ：グラフ作成、データ修正、フロッピーディスク処理
- ④ データテーブル：各種制御データの登録・変更

図 5 に外形図を示す。

6. ポイントソース CVS

R/L 試験では SHED 法の代わりに蒸散の起こりそうなポイント(燃料タンクキャップ、キャニスター部等)周辺の空気を CVS 装置に導き、計測する装置が、ポイントソース CVS 法として認められている。ただしこの方法と SHED 法との相関を示すデータは余り多くは公表されていない³⁾。サンプリングポイント部分の形状も含め今後の課題となるのではないかと考えている。

また、ポイントソース法でも別途温度環境を制御する装置が必要となる、目的のポイント以外からの蒸散ガスが計測できないなど、一概に簡単な手法であるとはいえないのではないかと考えている。

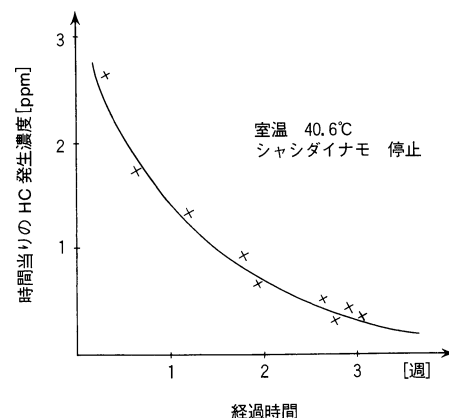


図 4 R/L SHED 内部のバックグラウンドの経時変化
Background change in R/L SHED

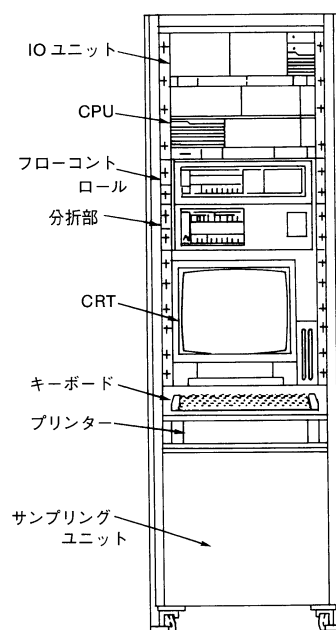


図 5 データ処理装置の外観
Data processing unit

7. おわりに

以上、当社の新しい SHED 開発における仕様上・製作上の問題点、試験の結果について報告した。問題点の列記にとどまったが本装置はまだ開発の途上であり、また蒸散ガス規制そのものも十分には確定していない状態にある。今後とも、ユーザーの皆様方から助言をいただきながら、より高い機能の計測技術をもって自動車の開発の一助になれば幸いである。

参考文献

- 1) Code of Federal Regulation 40 Parts 86.
- 2) Public Hearing to Consider Amendments to Regulations Regarding Evaporative Emissions Standards, Test Procedures, And Durability Requirements Applicable to Passenger Cars, Light-Duty Trucks, Medium-Duty Vehicles And Heavy-Duty Vehicles. Mail Out #91-44
- 3) David J. Brooks, Steven L. Baldus, Harold L. Biegel etc
Running Loss Test Procedure Development SAE 920322.



大橋秀樹

Hideki Ohashi

生産本部自動車計測開発部 課長
1950年2月2日生
京都工芸繊維大学 短期大学部
電気工学科卒業

48インチシングルローラ・シャシダイナモメータ

48" Single-Roller Chassis Dynamometer

毛野 克彦・宮川 久志

Katsuhiko Keno, Hisashi Miyagawa

要旨

自動車の研究開発、生産・品質管理の現場では、試験室内で一般道路と同じ走行状態を再現させるシャシダイナモメータが幅広く使われている。このたび、堀場製作所は直径1219.2mm(48インチ)のローラをもつ電気慣性式のシングルローラ・シャシダイナモメータ LDV-48を製品化した。本装置は、モータ駆動ベアリング方式の軸受や交流フラックスベクトル制御を採用することにより、安定した制御が実現でき、しかも暖機運転が殆ど不要となった。本稿では、本装置の主な特長と仕様を紹介する。

Abstract

Chassis dynamometers, which allow indoor simulations of drive on general roads, are widely used in various fields of research and development, production, and quality control. Horiba Ltd. has commercialized the Model LDV-48 Single-Roller Chassis Dynamometer, which is an electro-inertia type and has a roller of 1219.2mm (48 inches) in diameter. It uses moter-driven type bearings and AC flux vector control, which ensure stable control and almost completely eliminate the need of warm-up. This paper introduces the main features and specifications if this classis dynamometer.

1. はじめに

近年、自動車の高性能化・高品位化・省エネ化を目指した幅広い研究開発が進んでおり、これらを支援する各種の評価試験装置も高度なものが必要となっている。一般道路の走行状態を実験室内で正確に再現するための試験装置であるシャシダイナモメータの開発もまた重要な課題である。従来のシャシダイナモメータは二つのローラをもつツインローラ。シャシダイナモメータが一般的に使われてきたが、より路面走行に近い状態を再現することができるシングルローラ・シャシダイナモメータが普及し始めている。当社では、シングルローラ・シャシダイナモメータ LDV-48を開発・製品化した。本稿では、LDV-48の概要、性能、特長などについて述べる。

2. LDV-48の概要

シャシダイナモメータ(以後ダイナモという)は、車両に負荷を与え、あたか

も道路上を走行しているかのような状態を再現させるもので、LDV-48は直径1219.2mm(48インチ)のローラをもつ電気慣性式シングルローラ・ダイナモである。

*1 回生制御
モータのもつ運動エネルギーを電気エネルギーに変換し、これを電源に送り返してモータの制動を行う制御のこと

本装置は、図1に示すように、①モータ揺動式ダイナモ本体、②動力変換部(Power Exchange Unit: PEU)、③交流モータに制御電流を送り負荷吸収の回生制御*1を行う電力変換部、④設定条件の入力や計算を行うコンピュータ部(RTM-200)により構成されている。

LDV-48の運転制御は次のような方法で行っている。ローラ軸に直結させた速度センサで回転数を計測し、ローラの表面速度と加速度を算出する。一方、揺動アームに取り付けたロードセルによってダイナモが吸収したトルクを計測する。こうして得られた速度・加速度・トルクから、制御装置に内蔵したマイコンによってダイナモが吸収した力を計算し、電力変換機を通じてダイナモの主回路電流を制御する。表1にLDV-48の概略仕様を示す。

型 式	LDV-48-86-125HP-AC
適用車両	LDV-2WD車 (FF, FR車)
モータ定格(連続)	90kW(125Hp) @105km/H(65mile/H)
ローラ径	1219.2mm (48inch) 一軸マルチシリンダ
最高速度	160km/H (100mile/H)
最大加速度	±3.5m/s ² (8mph/s) 連続運転時間に制限有
等価慣性量設定範囲	454~2720kg (1000~6000lbs)
走行抵抗制御範囲	連続定格内±3200N (電気慣性力含む)

表1 LDV-48の主な仕様
Main specifications of Model LDV-48

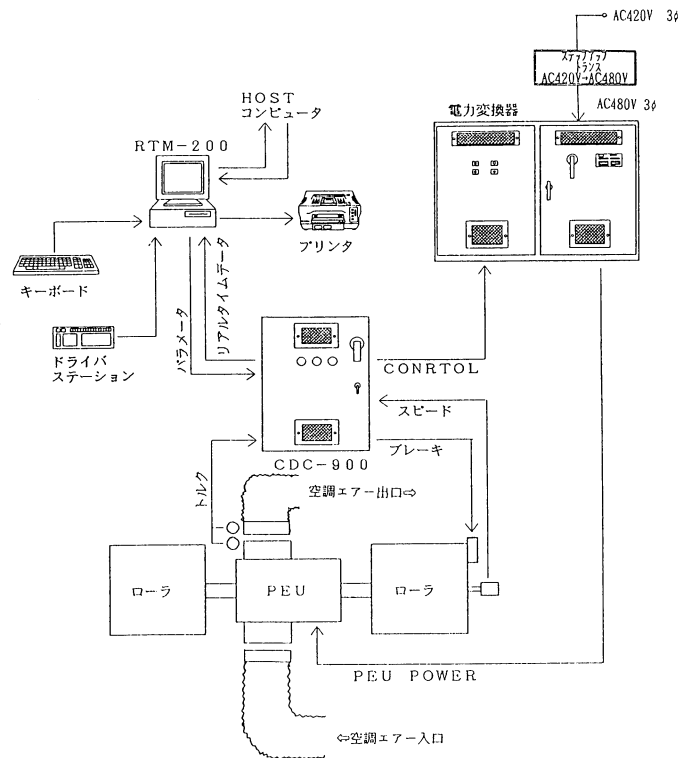


図1 LDV-48のシステム構成
System configuration of Model LDV-48

3. LDV-48の特長

LDV-48には、モータ駆動ベアリング方式の軸受と交流フラックスベクトル制御を採用して、メカロスの殆どない早い制御応答を実現した。

3.1 モータ駆動ベアリング方式

本装置は、鋳物製のベースフレームの中央にACモータ配置し、ACモータの軸端にローラを取付ける構造をとっている。ローラ端部間の寸法が、小型車*2

*2 小型車
運転手を含む12人乗り以下の車(乗用車の場合)

*3 中型車
燃料、オイル等を含む装備重量が2700kg以下の車(乗用車の場合)

用で2184.4mm(86インチ), 中型車*3用で2743.2mm(108インチ)となっており, 従来の二軸タイプの約4500mmに比べて非常にコンパクトな設計となっている。

中でも一番大きな特長は, ACモータの軸を支える主軸受けにある。従来のダイナモは, 軸受け部分にベアリングによるころがり抵抗が発生し, その潤滑油の粘性抵抗の温度変化も含めて, 機械損失が安定した一定値へ落ちつくまでには, 20分程度を要し, 所定の暖機運転が必要であった。今回採用した軸受け部の構造は, 図2のように二重構造ベアリングとなっており, インナーベアリングとアウトバベアリングの中間に, パンケキ形のモータ*4を配置し, ダイナモ主軸のころがり抵抗を飛躍的に軽減させる構造となっている。

この結果, 機械的損失は殆どなく, 暖機運転は不要となった。

3.2 交流フラックスベクトル制御

従来かご形誘導電動機は, 直接磁束を制御できないため, 直流機(DCモータ)のようなトルク制御や制御の高性能化が困難であるとされてきた。しかし, マイクロエレクトロニクス的发展により, 磁束を発生させる電流(励磁電流)とトルクを発生させる電流(トルク電流)を独立に制御できるフラックスベクトル制御が容易に実現できるようになり, ACモータの制御用として実用化されるようになった。フラックスベクトル制御には, 磁界オリエンテーション方式とすべり周波数制御方式(図3)の二種類あるが, 現在実用化されているシステムのほとんどはすべり周波数方式である。LDV-48もすべり周波数方式を採用している。

ベクトル制御とは, 誘導電動機に供給する一次電流(i_1)が設定値どりの励磁電流(i_m)とトルク電流(i_2)に分配されるように, 一次電流の大きさ, 周波数および位相(電流ベクトル)を制御することをいう。図4に誘導電動機の等価回路と電流ベクトル図を示す

等価回路より, i_1 , i_m , i_2 は式(1)および式(2)で表すことができる。

$$i_1 = \sqrt{(i_m^2 + i_2^2)} \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$2\pi f_1 M_{im} = i_2 \frac{r_2}{S} \quad \dots\dots\dots(2)$$

(ただし f_1 は一次周波数)

ところで, すべり周波数 f_s は, $f_s = S f_1$ だから(1), (2)式より f_s は(3)式で表される。

$$f_s = \frac{1}{2\pi T_2} \cdot \frac{i_2}{i_m} \quad \dots\dots\dots(3)$$

(ただし T_2 は二次回路定数)

また, f_1 , f_s と誘導電動機の回転周波数 f_n は式(4)の関係にある。

$$f_1 = f_s + f_n \quad \dots\dots\dots(4)$$

従って, 誘導電動機の回転速度 f_n が分かれば, 一次周波数 f_1 を操作することで設定したすべり周波数 f_s を与えることができる。

以上がすべり周波数制御方式の定常状態での動作である。この動作に加え, 式(5)に従って一次電流の位相 ψ を操作すると, 発生トルクに過渡振動が生じないベクトル制御が実現できることになる。

$$\psi = \tan^{-1}(i_2 / i_m) \quad \dots\dots\dots(5)$$

一方, ベクトル制御を行うためには, このような複雑な演算を高速で処理するベクトル制御演算部と電流制御部が必要となるが, 高性能プロセッサと, ソフトウェアにより, 回転数の上下限, 電流の上下限をはじめとする必要最小限の定数設定をするだけで, 非常に速い応答の制御系を実現した。

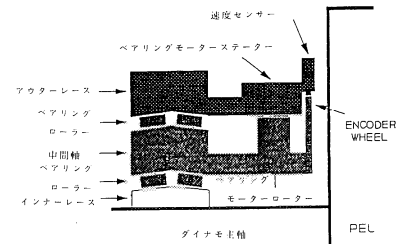


図2 軸受部の構造
Structure of bearing

*4 パンケキ形モータ
軸が中空で, ドーナツ形の交流モータ

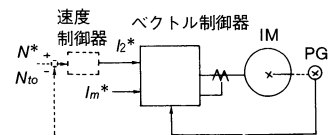
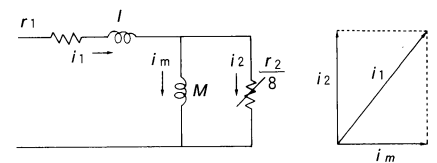


図3 すべり周波数方式によるベクトル制御
Vector control by slip frequency method



(A)等価回路 (B)ベクトル図

図4 誘導電動機の等価回路と電流ベクトル図
Equivalent circuit for induction motor and electric current vector diagram

LDV-48では、ACフラックスベクトル制御ループに対し、コントローラ(CDC-900)により演算した吸収指令値を電力変換器に送り、ACモータの主回路電流を制御している。CDC-900内のマイクロコンピュータは、車両により発生したモータ吸収力とローラ速度を間隔でサンプリングし、PI制御とフィードフォワード制御の2種類の制御演算を併用して電力変換器に指令値を出力している。この結果、ステップ応答の指令が発せられた場合、フィードフォワード制御によって急激に制御量を高め、PI制御で制御誤差分を減少させる効果が得られる。図5にステップ応答特性を、図6に制御系のブロック図をそれぞれ示す。

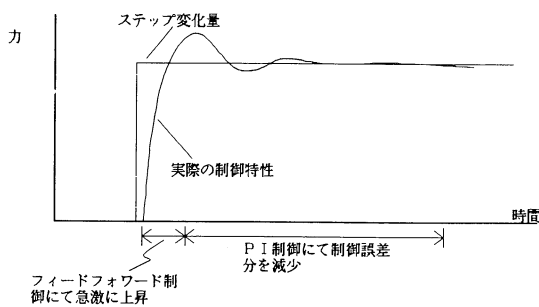


図5 ステップ応答性
Step response

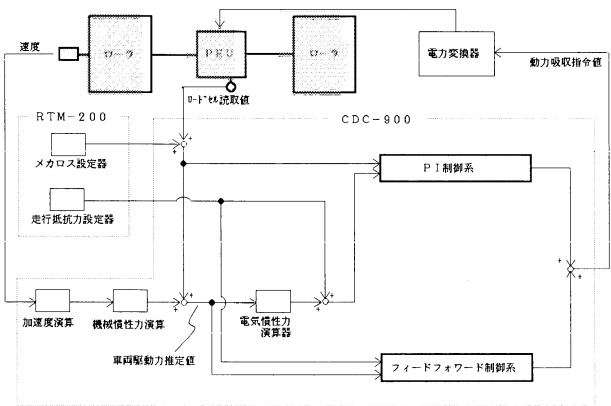


図6 LDV-48の制御ブロック図
Block diagram for control of Model LDV-48

4. 性能

4.1 暖機特性

3.1で述べたように、本装置ではベアリング駆動モータを採用することにより、軸受部の摩擦抵抗を低減し、安定化をはかっている。

図7に、36時間の停止後、ローラを100km/hの一定速度で運転した時の摩擦抵抗損失の変化する様子を示す。ここで、“LOSSES”のゼロ軸はローラ速度100km/hの値を示す。図から摩擦抵抗が運転時間に関係なく安定していることがわかる。

4.2 制御精度

(1) トルク制御精度

トルク制御の対象となるものは走行抵抗力と電気慣性力である。図8に走行抵抗力($A + BV + CV^2$: $A=100, B=5.0, C=0.5008$)と電気慣性量(1000kg)を与えた時のコーストダウンテスト*5の結果を示す。制御目標力に対して各速度の制御誤差平均は1.0%以内であることがわかる。

(2) 速度制御精度

本装置を一定速度で運転している時、車両で1500N以上の階段状の力を与えた時のローラの速度変化を図9に示す。速度の変化量は±1km/h以内であることがわかる。

*5 コーストダウンテスト
ダイナモを高速まで加速し、自然惰行させて、減速過程における特性を把握するための試験

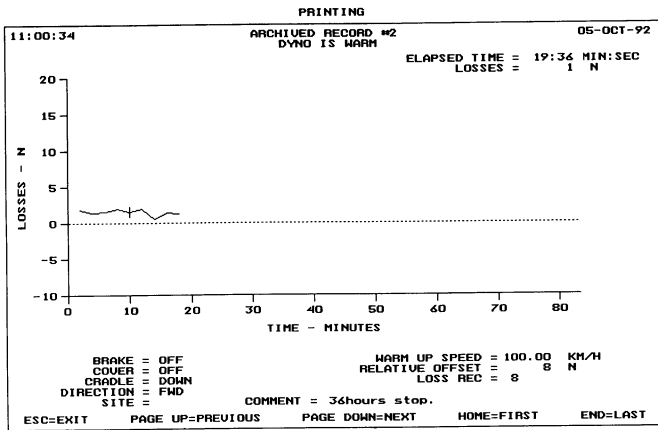


図7 LDV-48の暖機特性
Warm-up characteristics of Model LDV-48

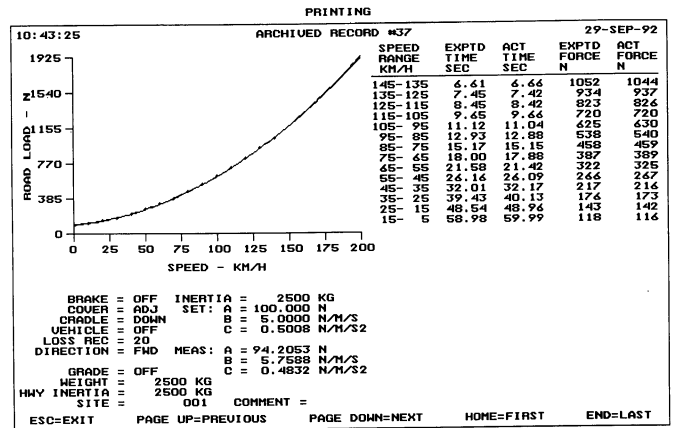


図8 LDV-48の走行試験結果
Result of simulation test of Model LDV-48

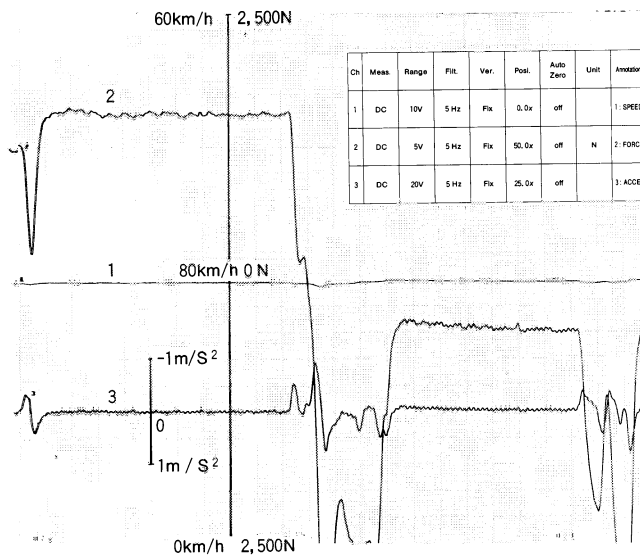


図9 LDV-48の速度制御精度
Accuracy of speed control on Model LDV-48

4.3 応答性

(1) 電気慣性制御の応答性

本装置は電気慣性方式を採用しており、等価慣性量*6の設定と機械慣性量*7が異なれば、不足あるいは過剰分を電氣的にモータで補償する機能を備えている。図10に電気慣性の応答速度を計測する装置の構成を示す。電気慣性制御の応答性は、ローラの制御系に三角波状の模擬信号を与え、ローラが実際に追従する時間遅れをもって表す。

具体的な試験は次のように行う。まず、関数発生器で発生させたパルス状の制御信号を2つに分割し、一つは周波数/電圧変換器(F/Vコンバータ)を介してその波形をレコーダに記録する。もう一つは速度制御部に入力し電気慣性制御に用いる。さらに、この電気慣性制御されたローラの実速度を、F/Vコンバータを介してその波形を記録する。そして、これら二つの波形の差から電気慣性制御の応答性を評価する。LDV-48の応答性は図11に示すように、100ms以内と早いことがわかる。

*6 等価慣性量

車両の質量に相当するの慣性量のこと

*7 機械慣性量

フライホイールやローラなど回転部の慣性質量をローラ表面上の値に置き換えたもの

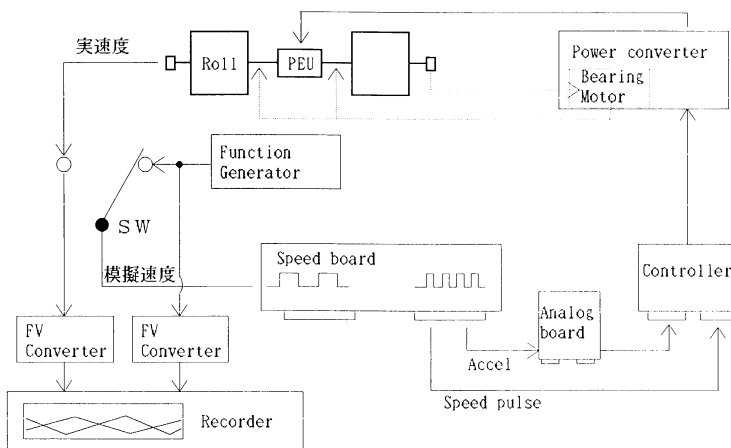


図10 電気慣性制御の遅れ時間測定のプロック図
Block diagram for measurement of delay time in electro-inertia control

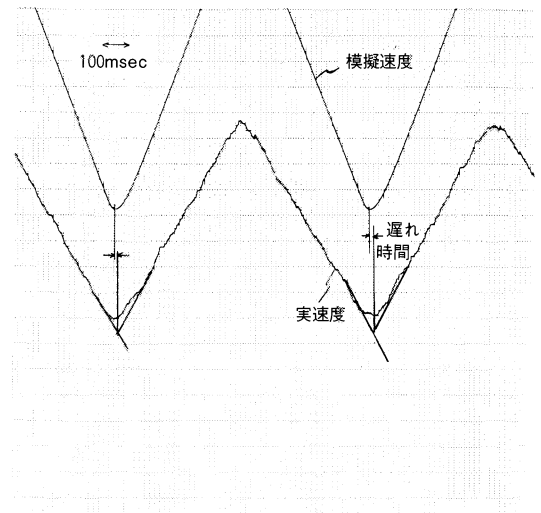


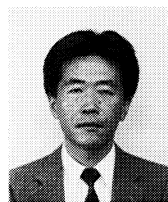
図11 LDV-48の電気慣性制御の遅れ時間測定結果
Measured values of delay time in electro-inertia control on Model LDV-48

(2) 速度制御の応答性

ローラを一定速度で運転している時、車両で1500N以上の階段状の力を与えた時、もとの定常速度の±0.5km/hに戻るまでの時間を応答速度とするが、本装置では、図9に示すように2秒以内と早くなっている。

5. おわりに

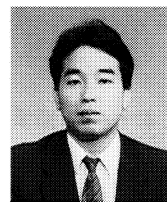
以上のようにLDV-48は、モータ駆動ベアリングやフラックスベクトル制御を用いることにより、高精度で安定した、しかも暖機運転が殆ど不要なシャシダイナモメータを実現した。また、48インチのシングルローラを採用したことにより、全速度領域において路上走行と同様の負荷状態をより忠実に再現することができるようになった。今後は、タイヤとローラ間の摩擦損失の影響の排除など、より一層、高精度で使い勝手の良い製品開発を目指し、ユーザ各位のご指導・ご鞭撻を心より願っている。



毛野克彦

Katsuhiko Keno

生産本部自動車計測開発部 係長
1954年1月3日生
立命館大学 理工学部
機械工学科卒業

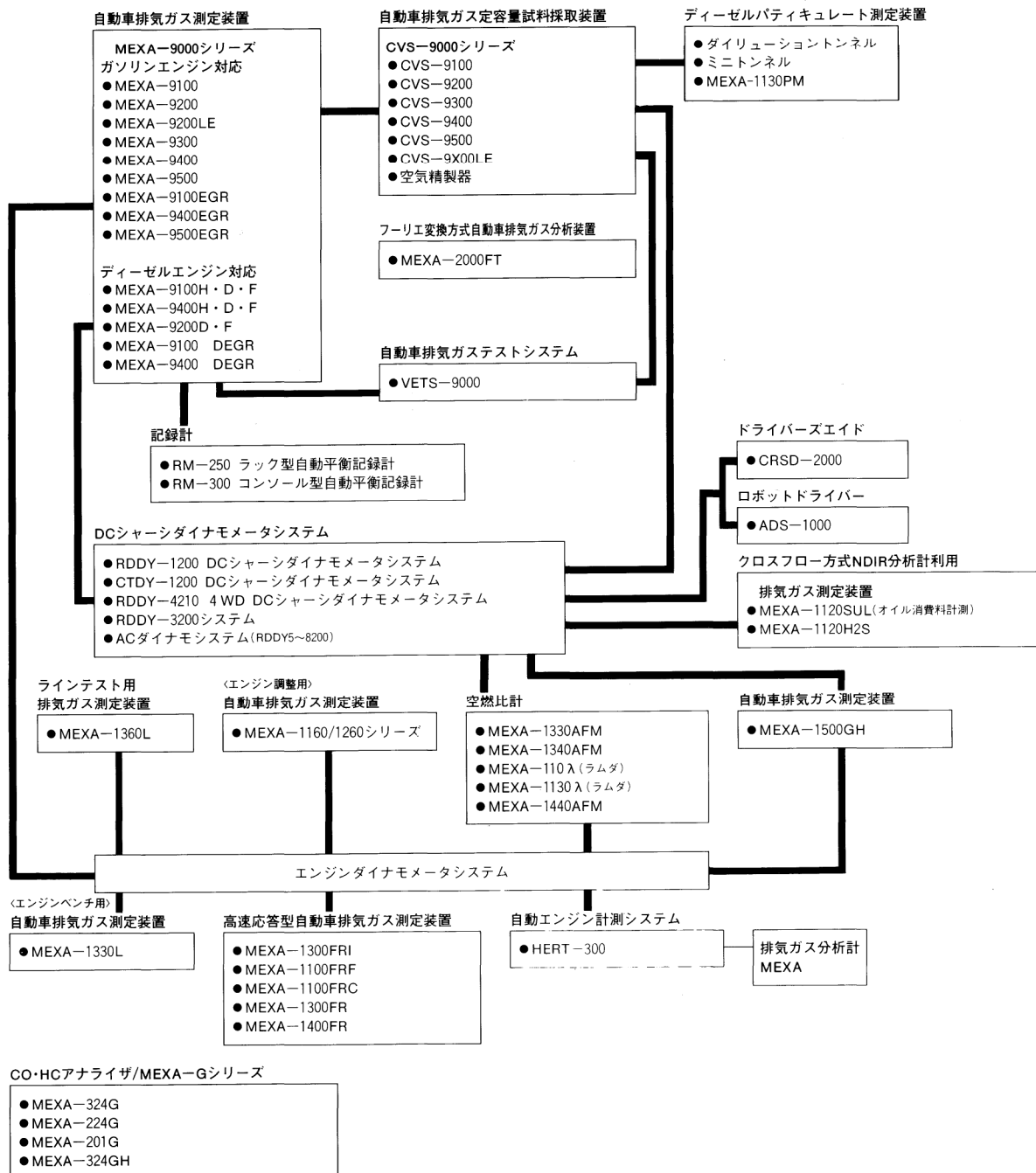


宮川久志

Hisashi Miyagawa

生産本部自動車計測開発部
1964年2月8日生
京都産業大学 理学部
数学科卒業

自動車計測関連製品フローチャート



1. 科学技術を育んだ文化的土壌

かつてレオナルド・ダ・ヴィンチは、手記にこう書きとめた。「自然は、経験の中にいまだかつて存在したことの無い無限の理法にみちみちている」と。

そして500年後のいま、人類はスペース・シャトルに乗って大宇宙へ飛び出し、無重力環境で基礎実験を繰り返し、これまでの経験ではつかみ得なかった自然の理法を探り、最先端技術を生み出そうとしている。極微の世界へも探求をいどみ、走査型トンネル顕微鏡 (STM) などを用いて“ナノテクノロジー”を開発しつつある。

けれども、ここで私たちはひとつ謙虚に反省することにしよう。人間が宇宙へ行けるのは、また帰ってくるこのかけがえのない地球=母なる大地があるからではないか、そして原子レベルの先端技術に挑戦するのも、ほんらい人間が人間として、より豊かに賢く生活し続けるためではないか、と。

洋の東西を問わず、人間の生活があるところ技術があり、知恵がはたらいている。ちょうどラテン語の homo (人間) は humus (土) からきたと言われるように、どんな民族もまずまずからがそこで生活する大地に工を加え、それを耕し、それぞれの大地の条件に応じつつ文化 (culture) を築き上げてきた。人間の生活とともにある技術、いいかえると、人間が生きてゆくためにものをつくることは、あらゆる時代における文化の基礎であり源泉である。日ごろ使いなれた漢字で言うと、「土」の字の上の部分平らにする、つまり耕して人間的なものにすることが「工」であり、技術も文化も大地をはなれてはあり得ない。

私たちは、たとえどれほどすぐれた先端技術であっても、それが一定の環境条件の中で生まれ育った以上、それを受け容れる地域や民族の土着文化と調和しないことには、真の人間のための技術として民衆の生活に決してなじまないことを、あらためて理解すべきであろう。ダ・ヴィンチは「知恵は経験の娘である」と、名言を残した。世界いずれの民族も、生活する大地に即して営々と築き上げてきた長い技術の経験の中に、決して非科学的ではない合理的かつ人間的な知恵を蓄えている。本来平和で豊かな土着技術の文化的土壌こそ新しい科学的技術を生む母体であった、と私たちは受けとめてよいのではあるまいか。

2. 土着技術の知恵と心

私たちの先人はピタゴラスの定理を知らなくて「三四五」の理法を技術的な知恵としてつかみ、法隆寺や桂離宮の美を生み出した。空中窒素の固定法という化学工学上の知識をもたなくて、田んぼのあぜ道や休耕田に大豆やしろつめ草 (豆科の植物) を植え、地味を豊かにし、あわせて土地の有効利用をはかった。美しい合掌づくり



東京工科大学教授

飯田賢一

Kenichi Iida

東京工業大学名誉教授
放送大学客員教授

〈略歴〉

1946年：東京帝国大学航空研究所金属実験助手をへて、文学博士三枝博音氏に師事、技術史・思想史を専攻

1952年：東西文化交流研究所員
'59～'77年：八幡製鉄(新日本製鉄)調査部参事など歴任、武蔵野美術大学・早稲田大学理工学部併任講師

1977年：国際商科大学教養学部教授

1978年：東京工業大学工学部教授

1987年：東京工科大学工学部教授

〈主な要職、授賞〉

日本科学史学会委員
日本産業技術史学会理事
社会経済史学会評議員
国際日本文化研究センター共同研究員

専門図書館協議会賞(1974)

手島記念研究賞(1981)

日本鉄鋼協会浅田賞(1986)

〈主な著書〉

日本鉄鋼技術史(東洋経済)
技術思想の先駆者たち(東洋経済)

風土と技術と文化(そしえて)
日本近代思想大系・学術と技術(岩浪書店)

技術史—人間と技術のふれあい(放送大学教育振興会)

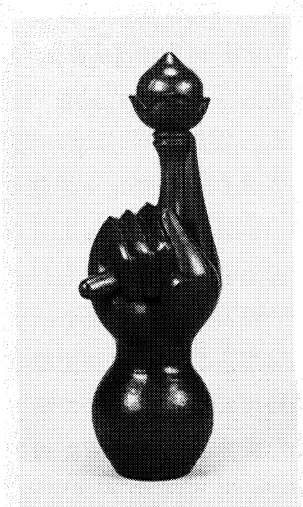
の民家には、単に雪害から暮らしを守るだけでなく、養蚕を営んでより豊かになってゆこうとする生活上の知恵がひそみ、多くの村落には調和のとれた街並みの美が作り出された。

ローマの技術者ヴィトルヴィウスは、その『建築書』(B.C.25年頃)の中で、人間にとっての技術のよし・あしは①丈夫であること(firmitas)、②役に立つこと(utilitas)、③美しいこと(venustas)できまる、と的確に指摘した。日本にもはやから「用即美」という技術思想がある。ことに1920年代の民衆工芸運動勃興の際盛んとなり、「私たちの日々の暮らしに役立つために親切につくられ、よく働き、ながく保つ物、このような物におのずから美がやどる」と提唱された。

思うに、私たちが日常の生活の中で用いる雑器、たとえば漆塗りの盆のような工芸品。——名もなき職人の手によるものだが、親が使い、子に伝えられ、さらに孫が使いこむうちにかえて美しさが増し、使い続けられる。そこでは作り手の勤労の成果が長く生かされ、資源の無駄な消費ということがない。

昔の鍛冶職による大工道具にも同じことが言える。神戸市の元町近く(中山手通り)に竹中大工道具館がある。鉋といい鋸といい鑿といい、あらゆる大工道具が、いかに機能的に美しくつくられ、手の延長となって用を足し、品質が良いものほど摩滅するまで無駄なく使われ続けたか、一目瞭然である。

さて、技術の科学としての工学の知識がなくて、なぜこのようにすばらしい製品や道具がつくられてきたか。それは職人たちが常に「自然の理法」に謙虚であり、その技術には自然に対してさからいがなく、いつも自然を生かすものだったからである。さらにもう一つ、作り手(職人)が常に使い手(今日流に言えば消費者・民衆)の要求、つまりこころに応じて、ものをつくったからである。



河井寛次郎の秀作「木彫像」
(写真：河井寛次郎記念館ご提供)

高等技術教育の場(東京高等工業、現・東京工大)をへて、京都・五条坂で陶工として大成した土と炎の詩人・河井寛次郎は、次のようにうたった。

鳥が選んだ枝 枝が待っていた鳥

私たちは鳥を人間ないし民衆、枝を工業製品ないし技術と置きかえて考えてみよう。いわば使い手としての鳥(人間)と、作り手としての枝(技術)とが互いに通い合うとき、本当に人間は幸せであり、技術は生きるのである。そして、かかる人間生活の基本こそ、たとえメイド・イン・スペースがわれわれの周辺に出現する現代社会においても、真に人間の叡智と言えるものであろう。

3. アジアの技術思想の特質

埼玉県川越市に所在する天台宗の寺、喜多院に狩野吉信(1552~1640)描くところの『職人づくし絵屏風』が現存し、その一葉に野鍛冶の図がある。仕事場の壁面に、鋸や鎌といった製品と火箸や鎚のような工具類とが、きちっと整理されて配置されているのが目につく。が、私はそれとともに、軒先にばしょうらしき植物をうえ、鳥かごをつるし、カナリヤのような小鳥を飼っている風景に感心する。京都郊外の鍛冶師の絵といわれる。植物の緑は生産現場の空気を浄化し、鳥は職人たちに悪い影響をおよぼすガスからの予防とみることができ、私はここに日本の工人たちのエコロジー思想の一つの表われをみる。

ヨーロッパでさきのヴィトルヴィウス『建築書』のあと、近世技術の父ともよばれるアグリコラが『鉱山冶金論』(De Re Metallica, 1556年刊)を著したように、アジア(中国)にもすばらしい技術古典が存在する。周礼の『考工記』(B.C. 30年頃)および宋応星による『天工開物』(1637年刊)である。西の技術古典が建築や金属といった個別の技術分野を対象として、そこに普遍的な科学の法則の世界をとらえようとしているのに対し、東の技術古典は、すでに書名が示しているように「工」の全体をとらえ、総合的に人間の技術を理解しようとしているところに、大きな特徴がある。

『考工記』には、「天に時あり、地に気あり、材に美あり、工に巧あり、この四者を合わせて、しかるのちもって良となすを得べし」との有名な一節がある。ここで巧(たくみ)とは一種のシステム思考(田組み・多組み)と考えてよいが、その前提条件は春夏秋冬といった天の時であり、大地の状況(地の気)であり、原材料の良さ(材の美)であり、いずれも自然環境に深く関わっている。この技術観はアジアの歴史には一貫して流れ、『天工開物』では、人間によるわざ(開物)は「天工」、つまりイギリスの科学史家ニーダム博士の訳語で表現すれば“The Works of Nature”をまっぴら、はじめて全きを得ることになる。

『天工開物』は江戸時代に和刻本が再度にわたって出され、平賀源内(1728~79)ら当時の知識人の間で広く読まれた文献である。私たちの先人がエコロジー思想に富む豊かな土着技術文化の土壌のうえに、決して相対立する異質の文明としてではなく、近代ヨーロッパの科学技術を受容したことは、今日ことに第三世界における技術近代化の課題を視座に置く場合、大切なポイントであろう。高峰譲吉(1854~1922)がコウジカビという日本在来の発酵法への着目から出発して、ジアスターゼや常用医薬アドレナリンを生み、池田菊苗(1864~1936)が豆腐料理につきもののコンブのうま味を究明してグルタミン酸塩=味の素を発明し、また鈴木梅太郎(1874~1943)が米ぬかから世界に先がけてビタミンB₁(オリザニン)の抽出に成功したことなど、近代日本の代表的発明が、身近かな土着文化と密接に結びついていることも、アジアの技術の一つの特質と言ってよい。

4. 計測の歴史的意義

人間生活とともにある技術こそ、いずれの国土にあっても科学発展の源流である。そして歴史的にみると、ほかのどんな点においてよりも、生産の場で技術を成り立たせている素材や手段が計測されるということによって、技術は科学の法則の世界へと導かれ、この二つの結合が新しい革新技術を生む原動力となる。自然の理法を経験的に体得し、技の試錬を通して質的に高度の土着技術文化を築き上げてきたのが、前近代の日本である。逆にはやくから計測を通して物理や化学の体系をつくり上げ、量産のシステムを組織し、自然と対峙しつつ文明社会の形成に向かったのが近代の西欧である。現代アメリカの金属学者 C. S. スミスはその著『金属組織学の歴史』(1960年)の中で日本刀に具現されている技術に例をとり、日本的なものと同様のものとの差異をみごとに表現している。

「日本の刀の仕上げは、類のない卓越した金属組織学者の技術(Art)である。日本人は、視覚的にとらえられる金属の構造を正しく評価し、これを鍛造と熱処理の制御に役立てたのであるが、しかし、金属の本性または凝固と変態の科学的理解にはまったく貢献しなかつた。顕微鏡と知的好奇心の二つが17世紀から前進していったヨーロッパでは、研究に使用できた表面といえば、破面または完全に構造をかくしてしまう研磨と、つや出しのほどこされた表面だけであった。もし日本人が科学に心を傾け、逆にヨーロッパ人が優れた金属の技術者であったならば、金属学の歴史は非常に違ったものになったであろう。」

顕微鏡という科学的な観察・測定のための器械が金属の研究に適用されたとき、西欧ではアジアに先がけて金属の科学が成立した。ファラデー(1791~1867)の実験科学者への道もダマスカス刀の波紋の解明から始まっている。だが日本ではこのような科学上の理論は知らなくて、西欧に先がけて「合わせ鍛え」や「焼き入れ」など、鍛造・熱処理の技術的知恵を獲得していた。私たちはその原型をたとえば法隆寺の創建に使用された鉄釘にも見出すことができる。

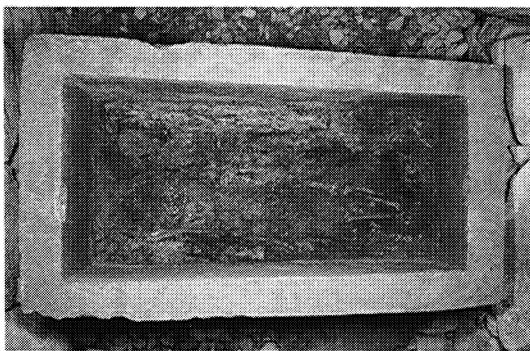
土着技術の経験的な知恵の中には、汲むべき多くの真理がかくされている。けれども、伝統的な農耕社会とはちがひ、近代社会ではダ・ヴィンチがはやく見通したように、技術は科学的な方法に裏づけられて初めてほんとうのものとなり、科学的に確かなことがらは、数学的に取り扱うことができねばならない。

かつて1968年に埼玉県稲荷山古墳から真赤に錆びた鉄剣が出土した。10年後、保存処理のため鉄錆が落され、X線マイクロアナライザーによって金象嵌の銘文が検出され、製作年は辛亥年(471年)とほぼ確定された。さらに4年後(1982年)0.1gの鉄錆(黒錆)が超高压電子顕微鏡により解折され、素材(地金)の成分は、C 0.2~0.3%の軟鋼で、Ti は<0.01%であるが、Cu 0.35%, Mn 0.18%と計測された。

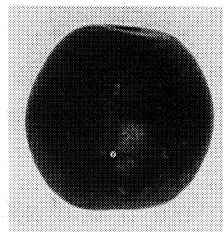
この結果、鉾石の成因からいって地金は日本在来の砂鉄資源によるものではなく、

含銅磁鉄鉱によるものであり、遠く大陸(中国・江南地方)渡来のものと判明した。真赤に錆びて出土した銘文鉄剣は、1983年について「国宝」となった。この間の15年にわが国は完全に高度技術社会への仲間入りをはたした。

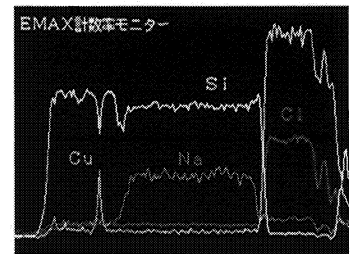
奈良県斑鳩里の藤ノ木古墳でも各種の計測技術を使って調査が進められている。



遺物の一部採取後の全景



ガラス玉



X線マイクロアナライザーによるガラス玉の組成分析結果の例

藤ノ木古墳の発掘調査(写真：奈良県立橿原考古学研究所ご提供)

そしていま、かかる技術文化財に対する先端技術による科学的解明の成果は、われわれが正しい歴史観・世界観をもつことの必要性を語りかけている。今日の計測技術は古代の鉄が現代の高炉鉄とちがひ、Mn, Si, Sなどの不純物が少ない故に、錆にくく良質であることを立証しているが、宇宙空間では、はたしてどこまで純度の高い材料や軽くて丈夫な新素材を開発し得るか? 私たちはひきつづき先人の知恵に学びつつ、「おもしろおかしく」わが道を進むことが肝要であろう。

Modern Technology and Traditional Technologies

20th-century technology has sent man flying out into space ; it has sent him scurrying down into the world of ultramicroscopic dimensions. Yet mankind has always had another technological heritage, a legacy from ancient times.

In the same manner that diverse cultures of the world emerged — each reflecting its own regional environment — all across the globe a myriad of scientific technologies sprung from the mundane activities of people's lives. This paper refers to these as the traditional technologies.

These traditional technologies harbor fundamental truths, buried at the heart of their experiential wisdom. These truths need to be uncovered and evaluated objectively by present-day scientific criteria and brought into the mainstream of modern global technology.

堀場製作所40年間の製品と技術

40 Years of Horiba Products and Technology

はじめに

当社は、1953年1月の設立後、本年40周年を迎えたが、この間“極限に挑む技術の堀場”を旨として、チャレンジ精神旺盛な独自性のある分析機器の専門メーカーの道を歩んできた。そこで、わが社製品の誕生と発展の過程についてご紹介したい。一つの科学技術の進歩が、その時代の数多くの他の科学技術の発展に影響を与え、そのことが元の科学技術を変革するというような連関は、社内においては、一層強力に行われている。多品種少量生産が宿命の分析機器の場合、構成部品、ユニット等の共通化が極めて重要である。この意味においてもある製品の開発・設計・生産で確立された技術は、他の製品にも適用できないかどうか厳しく問われるため、技術連関は自ら加速され、その中から新規製品あるいは革命改革新製品が誕生した例も多い。

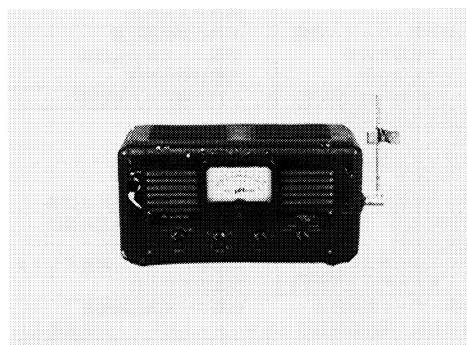
他方、使用分野が広い分析機器の場合、分野ごとに使用目的に最適な形状・機能・仕様・価格が求められるので、専用化することが望まれる。その上、他の分析機器との複合化、また、関連機材まで含めたシステム化へと進展している場合がある。これらの製品展開に際しては、新しい分析機器及び関連機材の開発が必要であり、製品の種類はいやが上にも膨張し、その数は1000種類にも及んでいる。

ここでは、当社の新規主要製品を誕生順に形成された使用分野、①研究試験計測分野、②放射線・材料計測分野、③工業計測分野、④医用計測分野、⑤環境計測分野、⑥自動車計測分野に分類して、10年毎の製品と技術のかかわりを表にまとめて解説する。創業期の1950年代における当社の製品と技術は、pH、IR(赤外線関係)、RI(放射線関係)に関するものであった。現在もこれらの製品及び技術は、基幹となっている。以下分野別に発展の足跡をたどることとする。

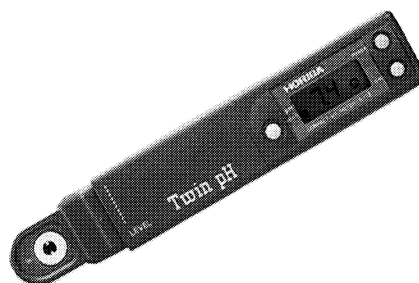


取締役技術情報室長

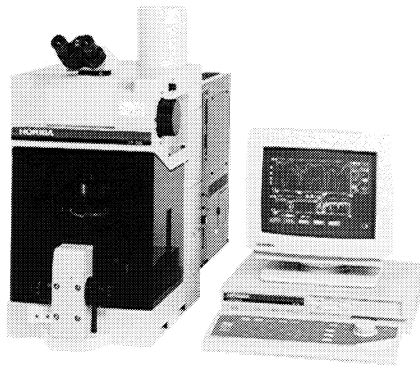
大志万繼影

Tugukage Ohshiman
Director

初期のpHメータ(M形、通称ブランコ式)
Early pH meter: Horiba M type, or so-called "swing type"



フラット電極を使ったコンパクトpHメータ(Twin pH)
Compact pH meter using flat-type electrode: Horiba Twin pH



顕微専用フーリエ変換赤外分光光度計(FT-510)
Fourier-transformer infrared spectrophotometer
designed especially for use with microscope:
Horiba Model FT-510

1. 研究試験計測分野

●国産第1号のガラス電極 pH メータの製品化は、現堀場会長が1945年10月京都大学理学部学生時代に創設した当社の前身“堀場無線研究所”において京都大学などの指導を受け、1950年3月に行われている。当時の技術課題は、アルカリ誤差縮減、電極長寿命化、増幅器安定化、絶縁対策などであった。1962年3月、アルカリ誤差に悩み続けた技術者は、これを逆手に取り、ナトリウムイオン電極を開発、ナトリウムイオン濃度計を製品化した。当社は、電極技術を核として pH 計を中心に高性能化と用途別機種充実の技術開発を続けてきたが、1987年9月、世界で他に例のない薄形コンパクト pH メータ“カーディ”の製品化に成功した。その内設電極は、集積回路構築と同様な発想に基づいている。

●赤外線用単結晶技術は、堀場無線研究所において京都大学との共同研究によって1955年4月に確立された。この結晶は加工して分析機器メーカへ供給すると共に、赤外線ガス分析計の要素部品となっている。1970年代初めに実用化に成功した多層膜干渉フィルタは、赤外線ガス分析計の高性能化に寄与、パイロセンサにも使用されている。

●1980年代当社は、外部から光学技術専門技術者及び最先端分析技術の積極的な導入を推進し、研究試験計測分野の分析機器を充実している。

研究試験計測分野

□: 始祖基幹新規製品 または革命基幹新製品 □: 拡充複合新規製品 または改革基幹新製品 無印: 応用関連新規製品 または革命拡充複合新製品 注) 前記以外の革命、改革、改良新製品及び付帯新規製品は不掲載

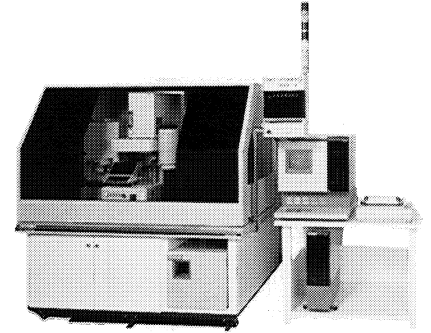
年代	1950	1960	1970	1980	1990
戦略	<商品シリーズの基礎作り>	<pHから各種イオンへ>	<使い易さの追求>	<電極革命>	<市場ニーズの追求>
pH 各種イオン 導電率 標準液 溶存O ₂	製 pHガラス電極 pHメータ 簡易形, 標準形, 精密形 導電率計 標準液	製 ナトリウムイオン電極 複合電極pHメータ ナトリウムイオンメータ [中国にpH電極技術輸出]	製 各種イオン電極 デジタル化pHメータ アナログ併用 イオンメータ 溶存酸素計	製 電極一体形pHメータ フラット電極カードタイプ コンパクトpHメータ Na, K, 硝酸イオン, 塩分, 導電率計 自動校正機能付pHメータ	製 フラット電極浸漬両用 コンパクトpHメータ 導電率計
	技 pH応答ガラス膜技術 高インピーダンス回路技術 標準液調製技術	技 pNa応答ガラス膜技術 FET・トランジスタ化技術	技 各種イオン電極技術 デジタル回路技術	技 シート電極製造技術 マイコン応用・表面実装技術 ハイブリッドIC技術	技 市場ニーズ商品化技術 生産技術の高度化 Iチップマイコン技術
戦略	<結晶の製品化>	<専用装置化>	<多層膜干渉フィルタ開発>	<赤外センサと応用開発>	<市場ニーズの追求>
赤外線結晶 フィルタ 赤外線分析計 赤外線センサ 放射温度計 光沢計 汎用ガス計	製 赤外線人工結晶 レンズ, プリズム, ウインドウ (赤外線ガス分析計) 植物同化作用測定用他	製 植物同化作用測定装置 燃焼器具排ガス測定装置 研究用赤外線ガス分析計	製 赤外線多層膜干渉フィルタ <内販>	製 赤外線多層膜干渉フィルタ 大容量CO ₂ レーザ用ウインドウ 赤外ファイバー 赤外線センサ 放射温度計 光沢計 パイロセンサ サーモバイル	製 設置形放射温度計 汎用ガス分析計
	技 結晶成長技術 結晶加工技術 赤外線ガス分析計応用技術	技 結晶量産生産技術 装置化技術	技 真空蒸着膜技術	技 結晶表面処理・ファイバ技術 赤外センサ量産化技術 赤外センサ応用技術	技 ガス計測集積技術 市場ニーズ商品化技術 生産自動化技術
戦略	1982年本社に分析センター設置、1987年東京にテクニカルプラザ開設			<研究・試験用新規機器拡充>	<市場ニーズの追求>
粒度分布 粒子計測 異物計測 蛍光寿命 旋光度 酸・糖度 不純物 分光光度	製 <表の見方> 1. “戦略”欄は、その年代の代表的な事業戦略の一つを示す。 2. “製品”欄に記載されているものは、代表的な製品の総称であり、新規製品として誕生し、国内市場で実績のある主要製品を示す。年代は原則として社内最終登録日を基準としているため、製品化完了、発表または発売年月がこの時期より前後している場合がある。なお、特定企業へのOEM製品及び子会社向け製品の大部分は記載していない。()は他分野重複記載の製品を示す。 3. “技術”欄は、当該製品の開発及び生産のための主要技術を示す。			製 自動粒度分布測定装置 遠心式/光透過式 自動粒度分布測定装置 レーザ回折式 蛍光寿命測定装置 高速自動旋光計 酸・糖度分析計 半導体中不純物測定装置 フーリエ変換赤外分光光度計 光学技術・データ処理技術 微小信号処理・精密機構技術 (米マイダック社FTIR技術導入)	製 <略号> FTIR: フーリエ変換 赤外分光光度計 汎用形FTIR, 顕微FTIR 普及形FTIR 市場ニーズ商品化技術
	技	技			技

2. 放射線・材料計測分野

●赤外線用結晶の製造技術確立後、ヨウ化ナトリウムシンチレータの試作が開始され、1956年実用品を完成している。これによって当社は、放射線計測分野へ進出した。1986年12月、米国コーネル大学へ大量のヨウ化セシウム結晶を納入するに及んで結晶工場が独立、新鋭化された。更に、1991年3月には、米国ホリバにおいても結晶工場(アリゾナ州)がオープンしている。一方、エネルギー分解能の高い半導体検出器の開発が進められ、1966年9月には製品化に成功、その後技術開発を続けて1991年1月には耐大気圧軽元素対応シリコンX線検出器を生み出した。

●半導体検出器の開発に伴って、1976年10月我国で初めて本格的なエネルギー分散形X線分析装置を製品化した。また、X線の計測技術の発展の中で、1974年12月世界で初めて原油、重油など液体中硫黄分析計が即時にできる蛍光X線硫黄分析計を製品化している。その後、前者は画像処理技術を駆使して高度化が進められ、後者はオンライン元素分析計及び汎用元素分析計へと開発が進んでいる。

●1979年3月国際電子工業から赤外線ガス分析計の応用分野でもある金属中元素分析計の技術を導入して、同年9月主に鉄鋼中炭素、硫黄、酸素、窒素、水素元素分析計を製品化した。この技術は固体・セラミック分析へと発展、X線表面分析技術と共に新素材分野で役立っている。



全自動炭素・硫黄分析装置(EMIA-730)
Fully automatic carbon/sulfur analyzer :
Horiba Model EMIA-730

放射線・材料計測分野

□ : 始祖基幹新規製品
または革命基幹新製品

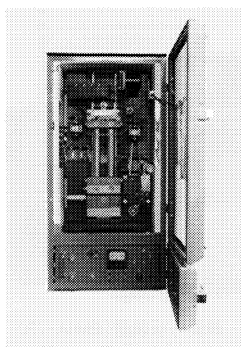
□ : 拡充複合新規製品
または改革基幹新製品

無印 : 応用関連新規製品
または革命拡充複合新製品

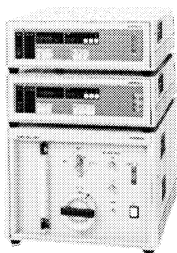
注) 前記以外の革命、改革、改良新製品
及び付帯新規製品は不掲載

年代		1950	1960	1970	1980	1990
放射線 結晶・ 検出器	戦略	<結晶技術の基盤>	<結晶の大型化・高性能化>	<高分解能検出と元素分析への応用>	<用途開発と拡大>	<極限技術追求>
	製品	NaI(Tl)シンチレータ シンチレーションカウンタ 液面計/シンチレーション式 電離箱サーベイメータ 厚み計/電離箱式	シンチカメラ用シンチレータ 液体シンチレーション スペクトロメータ 半導体検出器 サーフィスバリア形Si	半導体検出器 Ge(Li), Si(Li)	半導体検出器 ピュアGe CsI(Tl)	超高純度SiX線検出器 CsI 汎用サーベイメータ CsI(Tl) ・フォトダイオード
材料 (非破壊)	技術	結晶成長技術・マウント技術 放射線計測技術	結晶大形化技術 多サンプル搬送機構技術 半導体処理技術	半導体処理技術 半導体放射線検出器生産技術	半導体表面処理技術 結晶量産化技術 (結晶工場新鋭化)	半導体検出器量産化技術 大形結晶量産化技術 (米HIIアリゾナ工場稼働)
	戦略			<X線分析計の基礎作り>	<高度化・オンライン化>	<市場ニーズの追求>
材料 (分解)	製品			エネルギー分散形X線分析計 蛍光X線硫黄分析計	X線マイクロアナライザー 蛍光X線分析応用機器 オンライン元素分析計 マイクロビームX線分析計	X線マイクロアナライザー 高速マルチ面分析 汎用蛍光X線分析装置 微小部エネルギー分散 X線回折装置
	技術			放射線測定技術 8ビットマイコン スペクトルデータ処理技術	放射線測定高速処理技術 画像処理技術、16ビット オンラインへの適用技術	高速画像処理技術 マルチCPU・32ビット 市場ニーズ対応技術
材料 (分解)	戦略			<社内外技術統合>	<高機能化>	<応用製品拡充>
	製品			金属中元素分析装置 C, S, O, N, H分析	固体中・セラミックス中 元素分析装置 自動元素分析装置	オンライン元素分析装置 極微量元素分析装置
材料 (分解)	技術			(国際電子工業より 試料燃焼抽出技術移管) 赤外線分析計技術 熱伝導式分析計技術 マイコン技術、高温化炉技術	自動化要素技術 データ処理技術 (分析センター設置) (テクニカルプラザ開設)	形態別分析技術 分析ソフト技術拡充

3. 工業計測分野



初期の赤外線ガス分析計(GA-2A)
Early infrared gas analyzer: Horiba Model GA-2A



汎用ガス分析計(510シリーズ)
General purpose gas analyzer: Horiba Model 510

●工業用 pH 計は、すでに1952年6月に製品化されている。1959年11月日立製作所との技術及び業務提携により、ボイラ用分析計関連技術が当社に移管され、1961年9月シリカ分析計を製品化した。近年、半導体用超純水管理のニーズから、1986年9月には、超純水中パーティクルモニタを製品化した。

●赤外線ガス分析計は、1954年から研究を開始して1958年3月にはGA-1形アセチレン中シアン化水素計(国産初)を納入、以後、長期安定化、堅牢性、メンテナンス性に注目して1961年10月偏位法防爆形EIA-1形を製品化した。赤外線ガス分析計の適用市場は極めて広く、本稿で分類されている全ての分野で活用されている。当社は1960年代、専用装置化を積極的に推進した。当然赤外線ガス分析計も各用途に適合できるように改革と改良が行われている。また、同時に赤外線ガス分析計以外の連続ガス分析計の開発も促進された。1984年5月に誕生したクロスフローモジレーション方式赤外線ガス分析計は、検出感度を一挙に100倍以上向上させる画期的な技術である。

●研究試験分野に分類した非接触放射温度計は、赤外ファイバー応用製品からスタートし、1987年12月ハンディタイプ、1991年設置タイプを製品化している。この製品及び放射線・材料計測分野のオンライン分析計は、今後工業計測分野においても柱となるであろう。

工業計測分野

□ : 始祖基幹新規製品
または革命基幹新製品

□ : 拡充複合新規製品
または改革基幹新製品

無印 : 応用関連新規製品
または革命拡充複合新製品

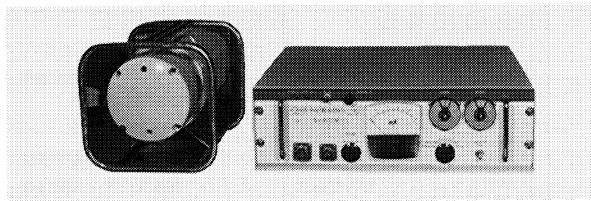
注) 前記以外の革命、改革、改良新製品
及び付帯新規製品は不掲載

年代	1950	1960	1970	1980	1990
戦略	<工業用pH計の基礎作り>	<ボイラ用分析計拡充と専用化>	<分析計の拡充>	<半導体分野への進出>	<市場ニーズの追求>
液 体 用 品	工業用pH電極・保持具 工業用pH計 pH指示記録計 電気式自動調節計 pH標準液	リードレスガラス電極 超音波洗浄器付保持具 純水用pH電極保持具 ヒドラジン分析計 ボイラ溶存酸素計 シリカ分析計 白液分析装置	専用複合pH電極 イオン計 導電率計 微量ナトリウムイオンモニタ 本質防爆形pH計 溶存酸素計 自動pH滴定装置 自動光度滴定装置	電磁誘導式導電率計 濁度計 ヒドラジンモニタ 微量ナトリウムイオンモニタ 超純水中パーティクルカウンタ	超純水用比抵抗計 フッ素モニタ 工業用pH計他 水質計シリーズ化 薬品用パーティクルカウンタ
	pH連続分析技術 サーボ機構技術 pH制御技術	用途別pH測定技術 ガルバニ電池技術 自動分析技術 (日立製作所ボイラ水分析技術移管)	各種イオン電極技術 本質防爆技術	ポーラロ式電極技術 光散乱計測技術 レーザー光学応用計測技術 電磁誘導式導電率技術	高度クリーン流体の計測技術 半導体レーザー光学応用技術 水質計測集積技術 市場ニーズ商品化技術
気 体 用 品	赤外線ガス分析計 光学的零位法NDIR 紫外・可視ガス分析計 光学的零位法NDUV	赤外線ガス分析計/偏位法、防爆形 高感度赤外線ガス分析計 /防爆形 長光路セル 微量酸素分析計/ガルバニ電池式 紫外線分析計 熱伝導式ガス分析計 塩素中水素分析計 酸素分析計/ガルバニ電池・熱線式 アルゴン中窒素分析計	熱伝導式ガス分析計/防爆形 磁気式酸素分析計/ダンベル式	クロスフロー式 赤外線ガス分析計 半導体用バルクガス 不純物測定装置 CO, CO ₂ , CH ₄ 酸素分析計/磁気圧式	(汎用ガス分析計) 都市ガス付具剤濃度計 酸素分析計/ジルコニア式
	ニューマチック検出器技術 低周波増幅技術 サーボ機構技術 赤外線透過窓技術	温度調節技術、サンプリング技術 光学設計、加工技術 半導体回路技術、耐圧防爆技術 (日立製作所より熱線技術移管)	ダンベル式酸素分析技術	クロスフロー モジュレーション技術 磁気圧計測技術	ガス計測集積技術 ジルコニア酸素分析技術 市場ニーズ商品化技術

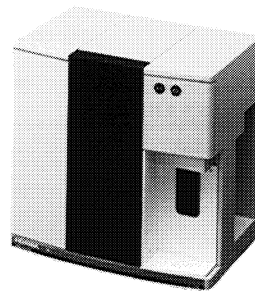
4. 医用計測分野

●当社は、1950年代から胃内挿入形、流通形など医用 pH 電極の製作に、また、1960年代には、シンチカメラ用シンチレータの製作に取り組んでいる。更に1966年に液体シンチレーションスペクトロメータを製品化するなど、早くから医用分野への進出を望んでいた。

●当社の第1次医用分野への直接的進出は、1963年4月 pH ガス分圧計(通称 3 P 計: 血液中の炭酸ガス分圧 P_{CO_2} , 酸素分圧 P_{O_2} と共に pH の測定を行う)の製品化に始まる。引き続き赤外線ガス分析計の医用分野への適用を進め、1963年~64年に肺機能検査用及び麻酔管理用として応答速度0.1秒の炭酸ガス計、また、一酸化炭素計、笑気ガス計などを製品化した。この応答速度の速い赤外線ガス分析計が自動車排ガス測定装置開発の足掛かりになった。第2次は、1977年8月ナトリウム、カリウム電極の開発に成功してイオン濃度計の製品化によって成された。1980年代には、塩素、カルシウムを加えて電解質分析装置として、この装置の普及に力を注いだ。第3次の本格的な進出は、1987年3月 ABX 社(仏)との提携による血球カウンタの国産化である。1987年6月から3機種を製品化すると共に電解質分析装置の自動化も実現させるなどして現在飛躍的に成長している。



自動車排気ガス分析の原形になった医学用呼吸ガス分析計
Early respiration gas analyzer: Original form of automotive emission gas analyzer.



血算 8 項目自動血球計数装置 (LC-360)
Automatic 8-parameter blood-cell counter:
Horiba Model LC-360

医用計測分野

□ : 始祖基幹新規製品
または革命基幹新製品

□ : 拡充複合新規製品
または改革基幹新製品

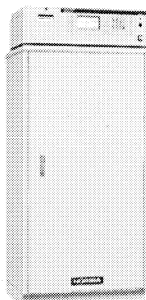
無印 : 応用関連新規製品
または革命拡充複合新製品

注) 前記以外の革命、改革、改良新製品
及び付帯新規製品は不掲載

年代	1950	1960	1970	1980	1990
戦略	<電極用途拡大>	<医用分野への進出>	<イオン濃度計投入>	<血球カウンタ投入により本格展開>	<商品群の拡充>
製品	胃内 pH 電極	pH ガス分圧計 (pH, pCO_2 , pO_2) 医学用赤外線ガス分析計 CO_2 , CO, N_2O フローセン分析計 標準液	ナトリウム・カリウム イオン濃度計 (シンチカメラ用シンチレータ) 液体シンチレオン スペクトロメータ 標準液	Na, K, Cl 計 Na, K, Ca 計 自動電解質分析装置 全自動血球カウンタ 試薬	OEM 製品 白血球分類付血球カウンタ
技術	ガラス加工技術	精密 pH 測定技術 ガス拡散膜電極技術 赤外線ガス分析技術 紫外線ガス分析技術 標準液調製技術	イオン電極技術 放射線用結晶技術 放射線計測技術	(ABX社と提携) フローセルイオン電極技術 自動化技術 血球計測技術 試薬調製技術	自動化要素技術 (エンザイムイムノアッセイ技術) 市場ニーズ商品化技術



機械電子検査協会に納入した標準ガス発生システム(SGGS)
Standard gas generating system supplied for JMI Institute : Horiba Model SGGS



自動 COD 測定装置(CODA-211)
Automatic COD analyzer : Horiba Model CODA-211

5. 環境計測分野

●当社が赤外線分析計を利用した大気汚染監視用一酸化炭素測定装置及び煙道中二酸化硫黄分析装置を納入したのは1964年である。法規制の強化に従って対象成分も拡大し、数々の新しい分析原理の開発が進められた。これらは、自動車排ガス分析と共用できるものも多く、相互に技術発展がはかられた。環境大気分野では我国と、欧州、米国を中心とする各国とは法定測定法が異なるため、全く原理構造の異なる装置開発が必要であった。1972年7月、測定値の信頼性確保のため社内標準として確立していた流量比混合法標準ガス調製法を活用して協力者と共に公害計測器検定用標準ガス発生装置の開発に着手、2年後検査機関へ納入した。この技術は、(株)エステックに引き継がれている。

●当社の工業用 pH 計及び研究室用 pH 計は、公害がまだ社会問題になる以前から水質汚濁防止のため化学工場などで広く利用されていた。1968年10月製品化した油分濃度測定装置は赤外線ガス分析計の応用製品である。1979年11月製品化した有機性汚濁物質測定装置は紫外線吸収法を用いた独自の装置で、広く普及している。水質汚濁用装置には、pH 電極、イオン電極、溶存酸素電極などを用いたもののほか、手分析を自動化したものが多い。これらの大部分は1970年代に開発した。また、1991年12月には、酸性雨計測によって環境問題を市民が身近にとらえられるよう、雨水自動分取器“レインゴランド”を開発した。

環境計測分野

□ : 始祖基幹新規製品 □ : 拡充複合新規製品 無印 : 応用関連新規製品 注) 前記以外の革命、改革、改良新製品
または革命基幹新製品 または改革基幹新製品 または革命拡充複合新製品 及び付帯新規製品は不掲載

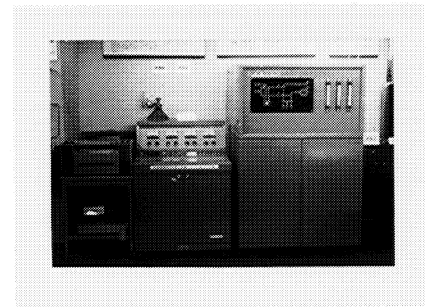
年代	1950	1960	1970	1980	1990
戦略		<専用装置化>	<専用装置の充実>	<高度化>	<市場ニーズの追求>
大気汚染用		大気汚染監視用CO分析装置 駐車場用、トンネル用、市街地用 煙道中CO、CO ₂ 、SO ₂ 分析装置	大気中NO _x 測定装置 CLD、吸光光度 大気中HC測定装置/FID 大気中オキシダント測定装置 CLD、吸光光度 大気中S測定装置/FPD 大気中浮遊粉塵測定装置/光散乱β線 ビル管理用CO ₂ モニタ 煙道排ガスNO _x 分析装置 NDIR、CLD 公害用計測器検定用標準ガス発生装置	大気中微量COモニタ クロスモジュレーションNDIR 大気中HCモニタ NO _x モニタ デュアルクロスモジュレーション FID、CLD 大気中オゾンモニタ/紫外線吸光 大気中SO ₂ モニタ/紫外線蛍光 CO ₂ スタット 煙道排ガス分析装置 クロスモジュレーションNO _x 、 SO ₂ 、CO	(汎用ガス分析計) バックグラウンドCH ₄ ・CO 観測装置 <略号> NDIR : 非分散赤外線分析計 FID : 水素炎イオン化検出器 CLD : 化学発光検出器 FPD : 炎光光度検出器
技術		赤外線分析技術 ガスサンプリング技術	化学発光分析技術 水素炎イオン化法分析技術 炎光光度法分析技術、自動分析技術 標準ガス管理技術 流量比混合法校正技術	クロスモジュレーション技術 紫外線分析技術 化学発光分析技術 赤外センサ技術	ガス計測集積技術 試料前処理技術 クロスモジュレーション技術
水質汚濁用		<専用装置化>	<専用装置の充実>	<自動分析装置の充実>	<市場ニーズの追求>
水質汚濁用	(pHメータ) (工業用pH計)	油分濃度測定装置	有機性汚濁物質濃度測定装置 自動COD測定装置 水質モニタ装置 水質チェッカ 河川水質自動監視装置 BODメータ 自動各種イオン等測定装置 Cr、Mn、フェノール、残留塩素 セル長変調紫外線吸光度計測技術 pH、導電率計測技術 電気化学分析技術 自動分析技術	フラット電極 カードタイプ pHメータ (自動校正機能付pHメータ) 自動全りん測定装置 自動全窒素測定装置 [中国へ油分計技術輸出]	(フラット浸漬両用コンパクト) pHメータ/導電率計 (工業用pH計他水質計シリーズ化) 酸性雨分取器(レインゴランド)
技術		赤外線分析技術 油分抽出技術	シート電極製造技術 マイコン応用技術 公定分析法の自動分析技術	シート電極製造技術 マイコン応用技術 公定分析法の自動分析技術	新規技術の導入育成 水質計測集積技術

6. 自動車計測分野

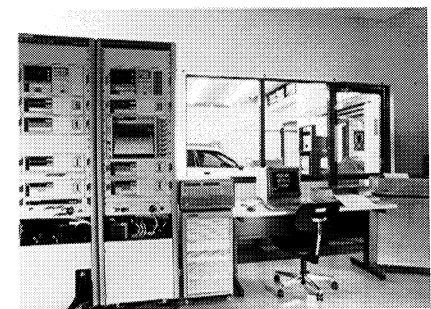
●1965年11月 MEXAR-12形自動車排ガス測定装置を開発、東京晴海の計測機器展に出品した。これがこの分野への進出のスタートである。以後、当社は先進している米国連邦政府、カリフォルニア州の排ガス規制動向の情報を得つつ、関係官庁、ご需要家と協力して国内外で次々と改正される規制に対応する技術開発に取り組んで来た。1968年12月整備工場用小形 MEXA 開発の際は、当時の赤外線ガス分析計の10分の1価格実現のため徹底的 VA が行なわれた。当社は、1966年10月より社内にテストラボを設けて環境対策、省エネルギー、省燃費、高効率を目指す自動車産業のご需要家と共に絶えず研究開発を続けている。1980年代には、計測のシステム化を推進、1985年8月自動車排ガス計測システム、1987年5月エンジン自動運転計測システムを製品化している。また、周辺装置として1982年11月 DC シャシダイナモメータ、また1992年10月自動車用自動運転ロボットを製品化している。この間、自動車排ガス測定装置は、性能、機能とも発展を続けており、微量多成分同時分析に対しては、24物質を同時測定できる自動排ガス専用 FTIR を1991年6月に製品化している。また、1990年1月開設自動車計測試験用ラボは、需要家との技術交流の場として役立っている。

●当社事業の国際化は、自動車計測分野が先鞭をつけている。即ち1970年1月、米国に合併会社を設立、1973年4月には、米国ホリバとした。この会社では、現地に適合した製品開発を行うばかりでなく、当社と共同して技術開発を進めることによって、現在では、相互に製品を供給している。同様に1972年ドイツにホリバヨーロッパ社を設立、これを核として欧州各国に拠点を作り、また、韓国にも生産拠点を設けて国際的な技術交流をはかっている。

●1984年5月、当社は、データ処理技術を応用して、運輸業界のOA化を目的とした運行管理システム HIT を製品化している。



第1号の自動車排ガス測定装置(MEXA-12)
First automotive emission analyzer: Horiba Model MEXA-12



自動車排気ガス試験システム(VETS-9000)
Vehicle emission test system: Horiba Model VETS-9000

自動車計測分野

□ : 始祖基幹新規製品 □ : 拡充複合新規製品 無印 : 応用関連新規製品 注) 前記以外の革命、改革、改良新製品
または革命基幹新製品 または改革基幹新製品 または革命拡充複合新製品 及び付帯新規製品は不掲載

年代	1950	1960	1970	1980	1990
戦略		<自動車排ガス分析へ本格進出>	<新規分析計の充実>	<自動車計測システム化>	<多成分分析とシステムの充実>
研究		自動車排ガス測定装置 大形、NDIR式	自動車排ガス総合分析装置 大形、NDIR、FID、CLD	9000シリーズ自動車排ガス 分析装置	自動車排ガス専用 フーリエ変換赤外分析計
試験		整備工場用COアナライザ 可変希釈装置	整備工場用CO・HCアナライザ	小形アナライザCO、CO ₂ 、HC、O ₂ 、 A/F、デジタル、パイロセンサ	高速排ガス測定装置 DBL-SHED
ライン		定容量ガスサンプリング装置	ダイリュージョントンネル	燃料蒸発量測定装置	R/L-SHED
用		モードトレーサー	専用赤外線ガス分析計	ドライバーズエイド	ロボットドライバ
整備		専用赤外線ガス分析計	専用赤外線ガス分析計 モジュールタイプ	専用酸素分析計	汎用エンジン排ガス測定装置
品		専用炭化水素分析計	専用化学発光分析計	直挿形空燃比計	ディーゼルトランジェント 運転装置
総合		<略号> NDIR: 非分散赤外線分析計 FID: 水素炎イオン化検出器 CLD: 化学発光検出器		エンジン自動運転計測システム 自動車排ガステストシステム 自動車排ガスモデルマス 解析システム	車載形データロガー
試験				DCシャシダイナモメータ [中国へ排ガス測定技術輸出]	シングルロール シャシダイナモメータ
システム		赤外線ガス分析技術 FET初採用 ガスサンプリング技術 炭化水素分析技術 量産化設計生産技術 (社内テストラボ設置) (米オソルラボ社と販売提携)	スプリング系モジュール化技術 標準化技術 化学発光技術 高速測定技術 多層膜干渉フィルタ技術 (米F社よりCFV技術導入)	運行管理システム 赤外線センサ技術 計装システム・マルチCPU技術 マイコン・データ処理技術 回転制御技術 通信技術	フーリエ変換赤外分光技術 干渉フィルタ複合技術 高速演算処理技術 ロボット技術・ILAS技術 (自動車計測試験用ラボ設置) (独ヴェコ者ロボット技術導入)

むすび

科学技術の発展のためには、物質の構成要素、量、状態などを正確に計測できることが必要である。また、環境保全、省エネルギー、安全、健康、医療分野での計測も重要である。近年のコンピュータやLSIの普及は、計測器の高度化、信頼性向上、使い易さにも大いに役立っている。今後の我々の課題は、一言で言えば“使い易さ”の追求であろう。そして、真に必要なものは何かを問わなければならない。例えば、地球上の環境汚染をマクロに捕らえるためには、普遍性のある精密な計測器と標準が必要である。一方、市民の生活の場では、複雑な精密計測器でなく堅牢で操作性及びメンテナンス性のよいものが身近にあることが大切である。

“必要は発明の母”と言われるが、40年間を振り返って“必要は製品を生み、製品が技術を育てる”を結びの言葉としたい。

40年にわたってお客様によって製品が生み出され、技術が育てられている事実を見ると、今後は現地、現場のお客様とより一体となってニーズを追求しなければならないと考える。

40 Years of Horiba Products and Technology

Ever since the founding of Horiba in January 1953, we have been meeting the challenges of design innovation in the field of precision analytic equipment. A broad range of Horiba products have had a long-lasting influence on the field of analysis technology. This paper classifies Horiba's main products in six categories and reviews the technological developments that have effected their evolution.

Horiba has been a pioneer in pH meters and arukari halide crystals. Horiba has used its expertise in infrared and X-ray technology and of computer technology to provide the industry with state-of-the-art equipment for measurement, analysis, and data processing for liquid, gaseous, and solid substances.

Emphasized here is the growing importance of measurement technology to the world's rapidly developing scientific technology. In the future, we can expect that the field will be dominated by main themes: (1) greater demands for user-friendly technology and (2) the important interplay between needs, products, and technology, i. e., industrial needs stimulate the development of new products, which in turn stimulate the development of new technology.

中堅ホリバリアンたちが語る技術・製品開発

Technology and Development of New Products - Free talking by HORIBA younger staff -

時代が大きく変換している1993年1月26日、堀場製作所は創立40周年を迎える。創造性と個性を求められる今こそ、ホリバの社は「おもしろ、おかしく」の原点に回帰する必要がある。そこで、21世紀のホリバを支える若手・中堅ホリバリアン8人が、放談会と称して科学技術や製品開発、さらには社会に関して夢や考え方をぶつけあった。昨年開設したホリバの研修センター「FUN HOUSE」に泊まり込みでの議論は、ときには脱線しながらも、大胆かつ堅実に進められた。

○出席者

青山 剛士：環境工業計測開発部 主任	北村 裕之：コンピュータ技術部 主任
足立 正之：自動車計測開発部 主任	斉藤 壽一：製品開発部 係長
井内 穰：科学計測開発部	真鍋 清隆：大阪セールスオフィス
内原 博：東京テクニカルプラザ 主任	森 健：科学計測開発部 主任

まず口慣らしを兼ねて、1901年正月の報知新聞に掲載された「20世紀の予言」をネタに、未来技術のキーワードは何だろうかから始めた。

生体機能に学ぶことで情報処理技術が飛躍する!?

- ここに、1901年の報知新聞の記事があるが、通信や鉄道などは予想通りだが、「人間と犬が話すようになる」など、ソフト面ははずれている。明治人に対抗しようという訳ではないが、10年後、30年後は何か技術開発の動機付けになるのだろうか？
- E：産業革命いらい科学技術は、繊維工業、重化学工業、家電・自動車、ライフサイエンスへと進んできたが、いつの時代もエネルギーと情報関連の技術革新がトリガーとなっており、これは今後も変わらないと思う。



二十世紀の予言

(報知新聞 明治三十四年一月二日・三日号より抜粋)
●鉄道の速力——十九世紀末に発明せられたり葉巻煙の機関車は大成せられ列車は小家庭大に於てあらゆる便利を備へ乗客をして旅中にある無からしむべく、ただに冬季室内を暖むるのみならず、暑中には之に冷気を催すの装置あるべく、而して速力は通常一分時に二哩、急行ならば一時間百五十哩以上を進行し、東京、神戸間は二時間半を要し、また今日四日半を要するニューヨーク、サンフランシスコ間は一昼夜にて通ずべし、また動力は勿論石炭を使用せざるを以て、煤

煙の汚れなく、また吸水の為停車すること無かるべし。
●人と獣との会話自在——語の研究進歩して、小学校に獣語科あり、人と犬猿とは、自由に対話することを得るに至り、従つて下男下女の地位は多く犬によりて占められ、犬が人の使いに歩く世となるべし。
●人の身体——運動術および外科手術の効によりて人の身体は六尺以上に達す。
●野獣の滅亡——アフリカの原野に至るも獅子、虎、鱉等の野獣を見ること能わず。彼らは僅に大都會の博物館に余命を継ぐべし。

- F：従来先進国と途上国との最大の差は、工業生産力と言われてきたが、今後は情報力の差が技術・社会発展のカギを握るのではないだろうか。
- D：情報伝達の究極の目的は、生き物の間のコミュニケーション(意志の伝達)だと思う。これは明治の人達が願望を込めて予言したように、最大かつ永遠のテーマだ。
- E：ソフト面だけでなく、情報処理の面でももっと生体機能に学ぶ必要があると思う。
- H：そのとうりだ。コンピュータでも同じじゃないかな。ファジィコンピューティングだとか推論などは全部その発想から来たんだと思う。
- B：ノイマン型で育った人間としては、そこら辺りがちょっとつらいものがある。(笑)
- E：コンピュータがめざすのは人間の頭脳だが、我々の脳でどのように情報処理が行われているのかわからない。
- H：本質的には逐次処理だと思う。ただ現存するコンピュータに比べて、処理時間が桁はずれに短いために、一見並列処理と見えるのではないだろうか。
- F：逐次処理と、時間などを越えた並列思考とが混在していると思う。でなければ、全く新しいことを想像したり、あれこれシュミレーションすることなんか不可能だ。
- A：ソフトを作らせたら天下逸品なのに、それを言葉で説明させたら無茶苦茶な人がいる。俗に言う変わり者だ。能力にはものすごく個人差があると思う。
- F：量子力学ではn次元を取り扱うが、この分野の人達にとっては、言葉を使って考えるよりイメージで考え、伝える方が容易だ。
- C：プロの将棋士もイメージで勝負している。何手先とかを逐一読み切るのではなく、盤面を見ていると、ファーッとこの感じで、手が見えて来るらしい。
- D：本をパラパラとめくっただけで判る人間もいる。

現代科学にとって最も深淵な領域は「生体」であり、その究極はわれわれ人間自身ということになるのだろうか。興味の尽きないテーマだけに話が盛り上がる。盛り上がるのは良いが脱線も多くなる。(紙面の都合で割愛せざるを得ないのが残念)。



座談会が行なわれた朽木研修センター FUN HOUSE

ホリバは創造性と感性豊かな発想を目指して、自然環境に恵まれた滋賀県朽木村に、FUN(おもしろい・楽しい)・FUND(知識・技能の普及)・FUNCTION(機能)の要素を取り入れた新しいコンセプトの研修センター「FUN HOUSE」を建設しました。

今後のキーテクは、やっぱりエネルギー関連技術だ!?

●情報と同時に、地球環境問題との関係で今後一層重要になるテーマはエネルギー関連だと思う。エネルギーを何から得て、どう使うかが問題となると思うが。

D：当面の課題は現在ある一次エネルギーをいかに効率よく使うかだ。現に、ホリバの主力製品であるMEXAは、単に公害対策用の自動車排ガス分析計というより、高効率のエンジンの研究開発用としてますます重要になっている。

E：エネルギー利用効率の点からは、コージェネレーションも重要だ。

A：電気は今後とも重要な二次エネルギー源だ。原子力発電ではFBRや核融合の研究が進んでいるが、実用化には多くのブレークスルーが必要だ。

B：太陽光発電は可能性が高い。最大の長所は、地球全体のエネルギーバランスを崩すことなく利用できる点ではないのだろうか。

F：そうだ、エネルギーバランスは重要だ。太陽光発電の場合は太陽電池を作る際のエネルギー消費だし、原子力発電では廃炉処理のためのエネルギー消費も問題だ。

A：現実問題としてはエネルギー生産のコストだ。これこそ全てに優先する。

C：日本では法律の弾力的な運用が問題になる。

C：なにやら、エネルギー会社での会話のようだ。(笑)

E：もちろん、エネルギー関連技術の詳細はわれわれのようなシロウトには判らない。しかし、こうしてシロウトが議論を交わすこと自体に意味があると思うよ。

D：電気はエネルギー源として非常に優れていると思うが、他に適当なエネルギー源はないのだろうか。

F：電気エネルギーは使い易さとしてはこれに優るものはない。ただ、二次エネルギーであるから、必ずエネルギー変換によるロスが生じてしまう。この点、化学エネルギーが良い。例えば、動物は食物から得たATPがADPに変化するときに発生する化学エネルギーを利用して筋肉を動かしている。

C：螢の場合も化学から光エネルギーへの直接変換の典型だ。

B：どうやら、未来のエネルギーのキーワードもやはり材料と生体ということになるようだ。

●地球環境問題は新しいビジネスチャンスを作り出し、経済成長の牽引力となるのだろうか？

G：プラスになることもマイナスになることもある。例えば、車の代替燃料の一つとしてメタノールがあるが、米国では、政府がメタノール車を推進しようとしたとき、石油業界から猛反対を受けている。

C：堀場にとってはプラスや、MEXA-2000FTが売れる。(笑)

F：最近、ヨーロッパでは各家庭に太陽電池を取り付け、各家の電力消費を賄うばかりでなく、余剰電力を商用電力に逆に流す、いわゆる売買ビジネスが出てきている。

D：新しい技術ではないが、微生物による活性汚泥処理のように、広い意味のバイテクは環境問題とは関連が深い。

E：しかし、環境浄化のためにバイテクを使うことは一つ誤るとかえって汚染を広げる危険性も合わせ持っている。

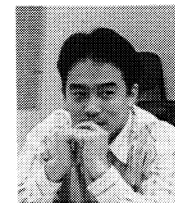
A：自然にあまり手を加えると新たな問題を生じかねない。例えば、サハラ砂漠を緑化したら逆に日本を砂漠化するかも知れない。

F：生物学者渡辺格先生の著書に、「物質文明から精神文明へ」がある。その中で「宇宙は熱力学的に常に分散化(エントロピー拡大)の方向へ進むが、同時に新しい要素の出現で新たな秩序が形成される。その基本要素が生命であり、心である」と言っている。地球環境問題をエントロピー拡大の法則から見ると暗いが、科学技術の発展は全く新しい世界を生み出し、人類を救うのではないだろうか。



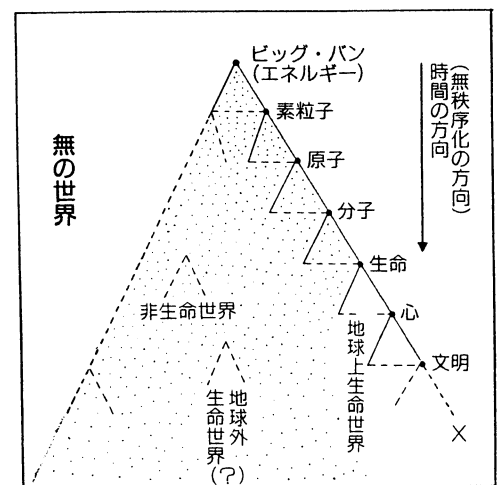
青山 剛士
Takeshi Aoyama

エレクトロニクス開発担当、1984年入社入社以来、X線や放射線関連製品のアナログ回路の設計を担当しています。じつは、大学ではソフト関係の分野を勉強してきたんですよ。本日は中堅ホリバリアンの集まりってことになっていますが、自分自身はまだまだ若手のつもりですよ。



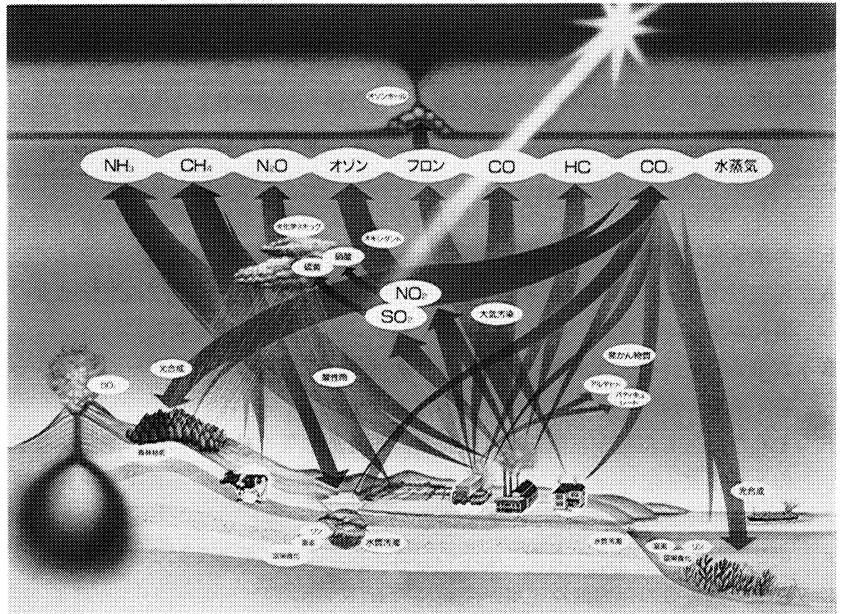
足立 正之
Masayuki Adachi

自動車排ガス分析計開発担当、1985年入社結晶作りの夢見て堀場へ入社しました。当初、多層膜干渉フィルターの開発など赤外分光技術に関与していたのがきっかけで、カルフォルニア大学へ2年間留学しました。現在はFTIRによる自動車排ガス分析計を担当しており、開発から、取説書き、サービスまで一手に引き受けています。



宇宙の分散化(無秩序化)

(渡辺格著、物質文明から生命文明へより)



地球環境汚染のしくみ

ここでひとまず休憩

その間にF君は「核融合だとか化学エネルギーなど、ホリバが現在直接関係していない領域の話が多かったようだけど、この放談会の記事を読んだ人が、ホリバはエネルギーやバイオ関係にこれから展開するらしいぞ、という印象を与えるのではないかと心配顔。

「それでもいいんじゃない。ホリバは自動車排ガスやpH測定だけをやるとは限っている訳でもない。我々がエネルギー関連をやるというように考えるなら、それも有り得ないことではないよ」とC君は社長顔。

休憩後はいよいよ「計測機器の今後」にテーマを絞っていく。

これからの計測機器は？

——用途に合わせて二極化が！——

●テーマをぐっと現実に引き寄せて、日頃みんなが関わっている計測技術というもの将来と、それを実現するために何をどうすれば良いのかについて話し合ってみよう。まず、計測機器の校正作業だが、分析機器の市場拡大の障害となっているのではないかと意見もあるが、それについてはどうか。

E：堀場で扱っている製品は、NDIR(赤外線ガス分析計)を始めとして多くのものが校正を必要とする。

A：私の担当しているLA(粒度分布測定装置)は、粒子と光との相互作用で生じた回折パターンを数学的に処理し、サンプル中の径の分布状態を解析・測定している。この点では校正操作が不要な計測装置といえよう。

D：しかし、LAの場合でも、サンプル中に存在する微粒子を球形と仮定して演算するなど、本質的には絶対値測定とは言えないのではないだろうか。

B：校正不要といった場合、必ずしも物理的・化学的に絶対測定であるか否かは問題とはならないのではないかと。ユーザにとっては、ハード手段であろうとソフト手段であろうと、とにかく面倒な校正作業をやらなくともよいという点がより重要だと思う。

C: しかし、私が日頃接している pH メータのお客様の中には、校正は自分自身でしたいと言う人も少なくない。とくに永年 pH メータに親しんでおられる方に顕著だ。

E: 校正は測定精度と関係が深い。センサー段階で校正が不要になることが理想的だが、現実の測定精度はサンプリング方法や測定の仕方に大きく左右されている。ここらあたりに、現場の分析プロからのニーズがあると思う。

● どうも計測機器のユーザーは、煩雑な校正作業などしたくないという人たちと、少々面倒でも自分自身でハードを徹底的に理解したいという人たちとに、大きく分けられるようだね。国内と海外ではなにか際立った違いがある？

H: アメリカはシステム指向であるのに対し、日本はオールインワンと言うか、一つの小さい物の中に全ての機能を含ませようとする傾向がある。

A: 操作盤への考え方も大きく違う。日本向けの機種は出来る限りブラックボックス化して、誰でも使えるというのが好まれるのに対し、米国向けの機種は、キーボードが前面にあっても何ら気にしない。むしろ好まれる。

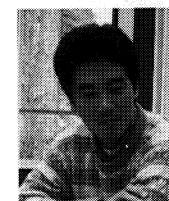
G: いや、自動車関連の分析計器はその逆で、確かにキーボードアレルギーは少ないが、操作は出来る限り簡単にして欲しいという要求が多いよ。

F: マンマシンインターフェースに関しては、使う目的が何か、どういう人がオペレートするので、それぞれ異なるのではないか。分析計は、今後ますますそういう意味からも、汎用型と専門型の2つに分化していくと思う。



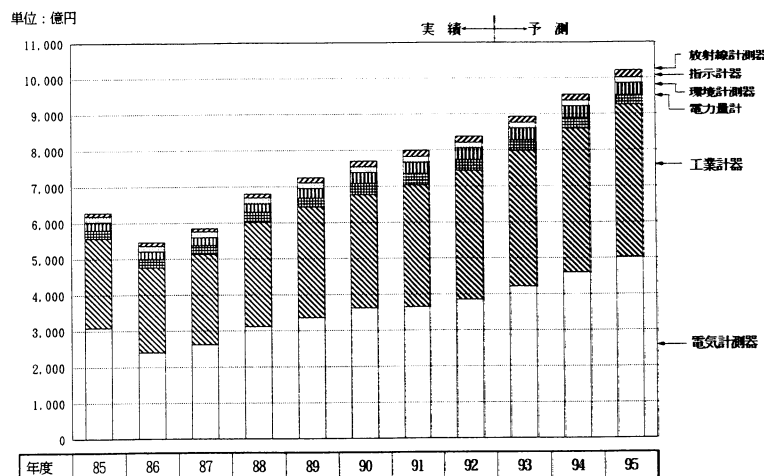
井内 穣
Yutaka Iuchi

理化学用計測機器開発担当、1989年入社
学生時代は、福井先生のようにノーベル賞を目指して理論化学を勉強していました。いま手掛けている製品は半導体中の ppt レベルの不純物を取り扱っているんですが、もうちょっと自分の製品に自信を持っていいのかなと思っています。



内原 博
Hiroshi Uchihara

理化学用機器分析技術開発担当、1978年入社
毎日同じ作業の繰り返しでなく、創造的な仕事をしたと入社しました。毎日違ったお客様の未知のサンプルを解析し、新しい分析方法を確立していく今の仕事は、まさしく「日新日歩」の毎日です。



電気計測器の需要予測
(社)日本電気計測器工学会編、電気計測器の中期予想。1991~1995年度より)

——各人専用のパーソナルソフト化が！——

● 計測というと、何 PPM だとか何 Kg だとか、物理化学的な数値をイメージするが、計測の目的はもっと生活に結び付く必要があるのではないだろうか？例えば、健康状態のチェックだとか、部屋の快適性などは新たな指標を使うとか。

H: 確かに、カード型 pH メータ(カーディ)でお肌の荒れのチェックや、魚の鮮度のチェックのために使われている例は少なくない。ただ問題は、生体のように個体差の大きいサンプルの場合、これが健康状態ですよとか、絶対大丈夫ですよとかと断言することが難しい点にある。

B: 簡易型放射線モニタの場合もそうだ。この地域の放射能が何マイクロシーベルトであるかを正確に表示することはできても、人体に対してどんな影響を与えるかを答えるとなると途端に難しくなってしまう。



北村 裕之

Hiroyuki Kitamura

光学装置ソフト開発担当，1983年入社
大学で学んだこと(金属冶金学)とは全く関係のないソフト開発をずっと担当するはめに。でも最近では、仕事は少々きつくても、この方が性に合っているかもしれないかなと思うようになっていきます。



斉藤 壽一

Jyuichi Saitho

製品企画担当，1982年入社
入社後まもなく米国の子会社に8年間出向し、5ヶ月前に本社に戻ったばかりです。米国では、当初シリコン・バレーで半導体工場向けの分析計のための営業所の開設から運営までを担当し、その後自動車計測関係のマーケティングをしてきました。まだ、日本の職場復帰のためのリハビリ中といったところですね。

- A：でも、対象を限定すればかなり精度は向上できると思う。例えば、貴花田専用の元気度チェッカーだとか、リエちゃん専用の爽やかさメータだとか。
- H：生体計測の最大のポイントは、各人各様の生理機能の差を考え、どう処理していくかにある。言い換えると、このソフトウェア開発こそが今後の計測機器メーカーの仕事であり、パーソナル化のカギとなる。
- C：そうなる、たくさん売れてボーナスも多くなる(笑)
- F：一方ハード面からいえば、今後ますます微量化・多成分化が進んでいくだろうから、一つの原理で全てをカバーすることは困難になるだろう。種々のハードをいかにシステム化するかも重要な課題だ。

やはり、日頃悪戦苦闘している分野のこととなると、現実的になり発言の勢いが違う。自覚しているのに関わらず、みんな正真正銘のホリバリアンになっている。自分の仕事に誇りをもっているのがひしひしと伝わってくる。

基礎研究のグローバル化が求められる！?

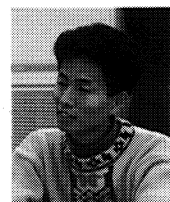
- 生体計測となると、大学や研究所などと一緒に基礎研究に取り組む必要が高まっていくのではないだろうか？
- H：計測機器メーカーの技術開発には二つの視点があると思う。一つはセンサを中心とする要素技術の開発であり、もう一つはそれらの基本技術を組み合わせる計測装置を作る、いわばアプリケーション・システム化技術である。産官学協同が必要なのはとくに前者の要素技術の開発だと思う。
- A：センサ開発には莫大な金と時間が必要となる。ましてや全く新しい原理のセンサの開発となると、想像するだけで気が遠くなる。
- B：センサの場合は、研究開発のための投資だけでは留まらない。生産設備への投資もばかでかくなる。例えば、半導体X線検出器が良い例だ。高性能の検出器を作るためには超高品質のシリコン結晶がどうしても必要となる。我々はこの結晶の確保にいつも苦慮している。
- C：また、“歩留まりが悪い”と怒られる。(笑)
- G：私は内燃機関における燃焼過程を、レーザーを使って計測するというテーマで、カフォルニア大学へ留学してきた。この留学は、「これからの技術者は世界的視野を持つ」というトップの意向で実現されたものだ。留学を通じて感じたことだが、こと計測分野に限ると、ここしばらくは全く新しい原理は登場しそうもない。むしろ、得られた計測結果をどう処理して、有用な情報として活用するかのような。
- E：的を得た発言だ。計測とは単に物質量や化学量を表示するのではなく、それらから得られた情報をどう解釈して使うかだ。そのためには、幅広い分野の知識と見識が必要となり、産官学の協調もこの点が原点になると思う。

技術開発には夢と積み上げが大切だ！！

- 最後に、技術開発への取り組み方について各人の独断と偏見を言い放って、本日の締めくくりとしたい。
- A：技術の進歩は一步一步の積み重ねであり、また、様々な人達の協力があって初めて実現されるものだと思う。

- C:僕は、入社くらい現場を知ることの大切さを学んだように思う。開発・設計する者は、ユーザーがどのように機器を使用しているのかを知ることが大切だ。ボリュームの取り付け場所一つの誤りで、全く使いものにならなかったケースは少なくない。
- B:アイデアはアトランダムに浮かぶが、それを実現し、製品のレベルまでもってくるとなると、過去と現在の技術レベル抜きでは達成し得ない。徹夜し、目を赤くして全身全霊を打ち込んで、初めて新たな進歩がある。
- E:自分は、技術革新が不連続的である日突然現れてくるような気がする。
- F:遺伝子レベルでは、生命体はあらゆる可能性を本質的に秘めており、たまたま環境に適応したものが残るように、技術革新には天才的な素養とチャンスが必要だろう。
- G:人間の考える事なんて大差がないと思う。苦勞して、苦勞してやっとできた新製品を展示会に出したら、敵サンも出していたことも少なくない。
- D:技術開発には夢が不可欠だ。こんなことができたらいのに、というところから科学技術の革新が始まる。
- B:夢を描くには段階的な考え方をしなければならない。このような技術開発をすればこんな物が実現できる。さらに、これが実現できればさらにこんな技術開発が可能となる。企業の技術開発は、こんなステップで広がっていくものではないだろうか。

こうして放談会は幕を閉じた。短い時間で余りに多くのことを語り合ったためか、少々まとまりに欠ける結果となったようだ。しかし、そこに明らかに典型的なホリバリアンの姿が見てとれる。厳しい開発競争のなかで奮闘している最前線の闘士達には、自由に自らの夢を追い求めるなどという贅沢な立場に身を置いてはいない。言葉の端々に現実の困難さを匂わせる。しかし、その反面、やっぱり彼らは不可能に技術をもって立ち向かう若き技術者たちであり、常に現実を夢に近づけようとしてもがくチャレンジャーでもある。そのアンビバレンツな心の揺れ、実は、それこそがホリバの明日を築き上げていく最も重要なトリガーなのではないだろうか。



真鍋 清隆

Kiyotaka Manabe

環境・工業用計測器営業担当、1990年入社
営業の第一線で毎日頭を下げたおしています。
担当製品は工業用分析機器で、シェアの比較的低い分野だけに、苦勞も多いですが、別の見方をすれば、それだけ未知数の多い面白さがあるんじゃないかと思っています。



森 健

Takeshi Mori

理化学用計測機器開発担当、1982年入社
たまたまNHKでホリバがレーザーメスを開発したというニュースを見て入社しましたが、その年のボーナスは2ヶ月。これはなんぞいやと面食らったのをいまでもまごまごと思います。でも、その後着実に伸びており、これも私が入社したたまたまものと自画自賛しています。

Technology and Development of New Products

- Free talking by HORIBA staff -

Horiba's corporate dictum is omoshiro okashiku, which had been translated as "Joy and Fun". In these greatly changing times, it was felt that we ought to go back and rediscover the meaning of this dictum.

Accordingly, we set up an informal group composed of younger and mid-level staff to tackle this problem. That is, a representative group of the people who are going to be responsible for taking Horiba forward into the 21st century. The group met to consider and speculate on thoughts and visions about new technology and products for the world of tomorrow. They camped out for a brainstorming session at the Fun House, Horiba's newly-opened in-service training center in Shiga Prefecture. Here are the main points that grew out of these discussions at the Fun House.

- (1) When all is said and done, we must follow the market in developing new products and technology.

- (2) Technology breakthroughs mean blood, sweat, and tears. They come from the cumulative efforts of all the members of the technological staff, working together.
- (3) Real business opportunities in environmentally-related areas will be in energy.
- (4) We can take clues from the way the human body functions as we work on developing new types of measurement equipment and detectors.
- (5) In the future, we will need to be developing two versions of all our instruments. One will be a general-consumption model that can be easily handled by anyone, the other a super-sophisticated version for specialists.
- (6) Technological developments over the years to come are going to require even more originality and innovation. We have to go beyond the borders that tend to encompass our business — whatever they may be: cultural differences, national boundaries, or barriers demarcating professional and industrial specializations.

ホリバ分析センター

The Horiba Application Center

小倉 淑子
Yoshiko Ogura

要旨

ホリバ分析センターは、1982年開設以来、営業部門の一角で業務を続けてきたが、1991年8月、研究開発棟東棟竣工にともない、同棟3階東側に移転し、新たなスタートを切った。そこで分析センターの概要を紹介するとともに、現在の業務内容がどのような広がりを見せているのか、また我々が日常業務に対しどのような姿勢で臨んでいるのかを述べた。

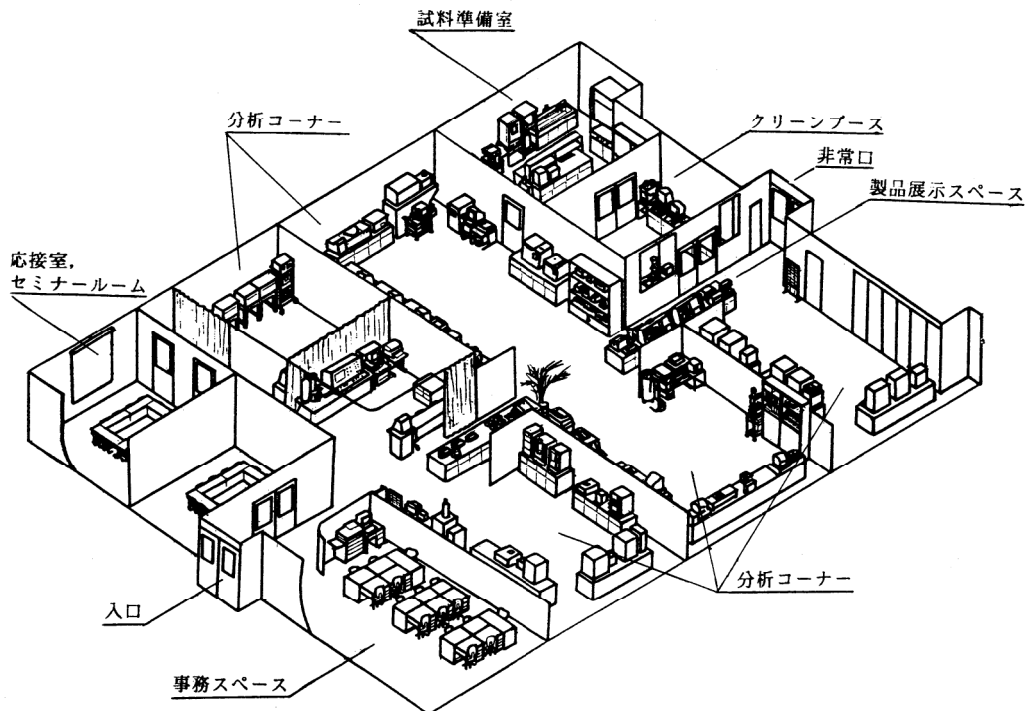
Abstract

Horiba's Application Center was established in 1982. At first it carried out its activities as a part of the Sales Department. In August, 1991, our new East Wing for research and development was completed. The Application Center moved to the third floor of the East Wing, beginning activities independently. This paper gives an overview of the new Application Center. Described here are the current extent of its activities and the activities of its staff.

1. はじめに

ホリバ分析センターは、1982年6月に発足し、すでに10年を経過した。発足当時の主たる業務は、お客様が当社の分析装置を購入されるに当たって、お客様からお預かりしたサンプルを分析したり、あるいは実際のデモンストレーション分析によって、その性能を評価していただくことにあった。

現在でも、この評価業務が重要であることに変わりはないが、この外、今まで分析したことのない新素材、新材料の分析測定法を開発したり、あるいは分析装置を購入されたお客様に対する分析の実習相談などの業務も次第に大きなウェイトを占めるようになってきている。本稿では分析センターの機能と利用について紹介する。



分析センター
The Horiba Application Center

2. 分析センターの概要

分析センターは、目的機能に応じて、次のように区画されている。

(1) 応接室、セミナールーム

新たに設置されたスペースで、独立した二つの部屋から成り、お客様が来訪された時の応接や打ち合わせに使用している。また、中央の仕切りをはずして1つの部屋にし、映写用スクリーンをひきだすことにより、各種セミナーの会場としても使用できる。

(2) 製品展示スペース

分析センターの中央部に位置し、pHメータ、酸性雨分取器「レインゴランド」をはじめとして、各種小型の分析機器を展示紹介している。また、横のガラスケース内には創立以来のpHメータが納められ、見学者の青年時代の思い出話に花が咲く光景がしばしば見られる。

(3) 分析コーナー

パーティションで5区画に仕切られており、分析センターの中で最も広いスペースを占めている。ここでは、お客様からお預かりしたサンプルの分析を行ったり、また、お客様に対する分析デモンストレーションや実習を行っている。

(4) 資料準備室

分析の準備、すなわちサンプルの前処理を行う部屋である。ここには流し、ドラフトチェンバー、エヤバスをはじめとして、サンプル切断機、ハンドプレス、ホモジナイザーなどが設置されている。

3. 分析コーナー

分析コーナーでは、現在、次のような分析機器を設置して各種の分析サービスを行っている。

(1) 粒度分布測定

分析装置；①レーザ回折式粒度分布測定装置(LAシリーズ¹⁾)

②超遠心式自動粒度分布測定装置(CAPAシリーズ²⁾)

測定対象；粉体およびエマルジョン

特徴；測定対象分野は、金属、セラミックス、樹脂、化成品、食品、医薬品など極めて利用範囲が広い。

(2) 酸素・窒素・水素分析

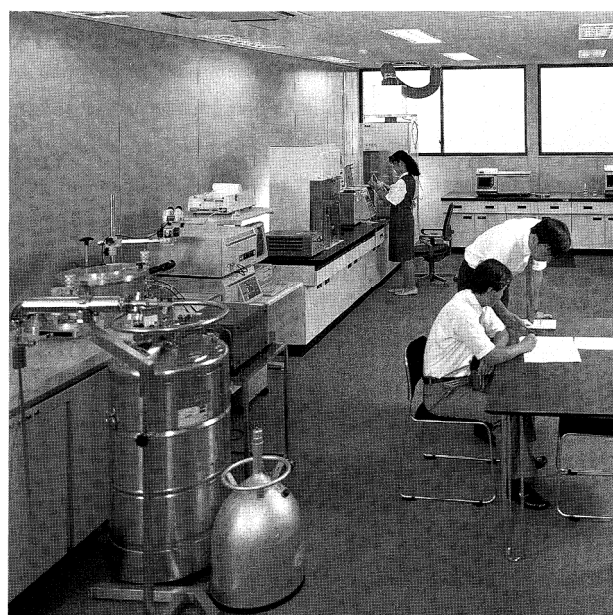
分析装置；不活性ガス融解法による酸素・窒素・水素分析装置(EMGAシリーズ³⁾)

測定対象；金属、セラミックスなど

特徴；数10wt%から0.1wtppmと、幅広い濃度に対応している。

(3) 炭素・硫黄分析

分析装置；燃焼-赤外線吸収法による炭素・硫黄分析装置(EMIAシリーズ⁴⁾)



分析センター
The Horiba Application Center

測定対象；金属、無機物、有機物

特徴；数10wt%から0.1wtppmと幅広い濃度に対応している。最近では表面に付着した炭素などの定量が話題となっている。

(4) 元素分析

分析装置；エネルギー分散型X線分析装置(EMAXシリーズ⁵⁾)

特徴；走査型電子顕微鏡(SEM)に装着して分析を行っている。金属、樹脂をはじめ各種サンプルの表面形状や元素の存在状況が測定できるほか、最近では水分を含んだ生ものや、粒子状物の状態解析まで領域を拡げている。

(5) 有機化合物の同定

分析装置；①フーリエ変換赤外分光光度計(FT-200シリーズ)

②顕微フーリエ変換赤外分光光度計(FT-500シリーズ⁶⁾)

測定対象；有機物、無機物

特徴；従来の分散型分析装置に比べ、短時間でスペクトルが得られ、また検索ソフトを利用して容易に試料の同定を行うことができる。とくに、最近では顕微鏡と一体になった顕微赤外分析装置により、極めて簡単に微小物の解析が可能となってきた。

(6) 半導体中不純物測定

分析装置；ICTS法およびDLTS法による半導体中不純物測定装置(DAシリーズ⁷⁾)

測定対象；単結晶、化合物あるいはアモルファス状の半導体で、PN接合またはショットキー接合を持つもの。

特徴；試料中の微量不純物や欠陥をスピーディに測定することができる。

(7) 蛍光寿命測定

分析装置；時間分解フォトルミネッセンス蛍光分光光度計 (NAESシリーズ⁸⁾)

測定対象；酵素，色素，発光ダイオードなど

特 徴；半導体デバイスの特性評価から光化学反応の基礎研究まで幅広い応用範囲がある。

4. 分析センターの業務

分析センターでは次のような業務をおこなっている。

(1) 購入調査のサポート

お客様が当社の理化学分析装置を購入するに当たって、装置の機能や性能調査のためのサンプル分析や分析デモンストラーションを行う。

(2) アプリケーションソフトの開発

新しい素材や複合材料の開発，あるいは高性能化，高機能化にともなって，サンプルの前処理方法や分析のためのアプリケーションソフト開発が必要となっている。

そこで，我々はお客様から，また各種業界や委員会の共同実験に積極的に参加することにより，このような新しいニーズを把握し，開発に努めている。この成果は，各種のセミナーや学会で報告し，お客様に対する利用の便をはかっている。また，ハードの開発をとまなう市場ニーズについては開発部門へフィードバックし，新製品に生かすよう努めている。

(3) 実習・トレーニング

最近の分析装置はコンピュータソフトの利用により，高度な分析測定も極めて簡単にかつ迅速に誰でも実施でき，各種の情報が得られるようになっている。しかし，一方では複雑な複合材料の解析や極微小物の分析などの例に見られるように，装置の取扱説明書や分析の教科書を読んだだけでは，求めるデータが得られない事態が現れている。分析センターでは初めて分析装置をご購入いただいたお客様からの要請に応

じて，定期的なトレーニングスクールを開講し，操作法はもとより，分析方法についても相談にのっている。またお客様に出向いて実習相談も行っている。

5. おわりに

分析センターは，分析業務を通じて，お客様と当社の製品とのインターフェースの役割を果たしてきた。今後とも，お客様の新しいニーズをお聞きして，新製品，新技術の開発に生かしていくとともに，お客様に対し常に新しい情報を提供することにより，科学技術の進歩に貢献していくことが我々に課せられた使命であると考えている。

参考文献

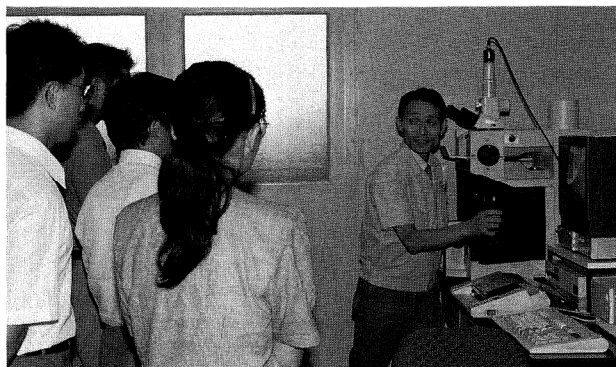
- 1) 湯原義公，鈴木哲也，“レーザ回折／散乱式粒度分布測定装置 LA-700”，Readout,NO.4,p30-36(1992)
- 2) 東川喜昭，“自然／遠心沈降式粒度分布測定装置 CAPA-700”，Readout,NO.4,p23-29(1992)
- 3) 平野彰弘，“酸素・窒素・水素分析装置の自動化ニーズに向けて”，Readout,NO.5,p64-73(1992)
- 4) 辻 勝也，平野彰弘，“炭素・硫黄分析装置の自動化ニーズに向けて”，Readout,NO.2,p73-84(1991)
- 5) 坂東 篤，“エネルギー分散型 X 線マイクロアナライザ (EMAX-2700 シリーズ)”，Readout,NO.1,p66-74(1990)
- 6) 池田昌彦，右近寿一郎，中田 靖，“顕微専用フーリエ変換赤外線分光光度計 (FT-530)”，Readout,NO.1,p57-65(1990)
- 7) 松田耕一郎，“ICTS/DLTS法による半導体不純物・欠陥評価”，Readout,NO.2,p15-26(1991)
- 8) 横山一成，“時間分解フォトルミネッセンス法による半導体デバイスの評価”，Readout,NO.2,p27-36(1991)



小倉 淑子

Yoshiko Ogura

営業本部分析センター 主任
1947年1月17日生
同志社女子大学大学院
家政学研究科修士課程修了



FTIR 講習会風景
FTIR Operation seminar

半導体中の不純物を容量過渡法で測定する Using the Capacitance Transient Method to Measure Impurities in Semiconductors

小島 裕子
Hiroko Obatake

●容量過渡法とは

容量過渡法は主に、深い準位過渡分光法 (Deep Level Transient Spectroscopy : DLTS), 等温容量過渡分光法 (Isothermal Capacitance Transient Spectroscopy : ICTS) 測定のことを指しています。

多種多様の半導体中不純物の評価法の中でも、容量過渡法は、低濃度の深い不純物準位を高精度、高感度 (10^{11} cm^{-3} オーダー以下) に測定するために開発された方法で特に、電気的に活性であれば、光学的に不活性な不純物でも観測できるという特長があります。

●何をどう測るのか

不純物や格子欠陥が半導体中に極微量でも存在すると、半導体のエネルギーバンド中にキャリアを捕獲するエネルギー準位を形成します。これを深い準位 (Deep Level) とよんでいます。試料に順バイアスからゼロバイアス電圧を印加した後、急に印加電圧を逆バイアス電圧にします。すると、広がった空乏層中に存在する深い準位は、キャリアを放出し、そのため試料の接合容量が徐々に変化します。その変化の様子から深い準位の情報が得られます。

●何がわかるか

ICTS 測定では次の物理量が比較的簡単に求められます。

- ①深い準位濃度 (= 不純物濃度)
- ②熱放出寿命
- ③エネルギーバンド中でのエネルギー的位置 (活性化エネルギー)
- ④捕獲断面積
- ⑤キャリアの種類 (電子か正孔か)
- ⑥連続準位密度 (MOS 試料等の場合)

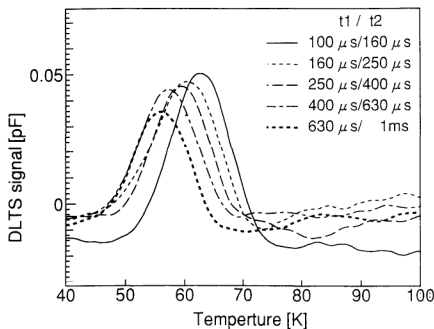


図1 p型Si中のFe-B複合体のDLTSスペクトル
DLTS spectrum of Fe-B compounds in p-type Si

また、ICTS スペクトルの形状を理論曲線と比較し、その深い準位が単一準位か連続準位かを推定することができます。

容量過渡法の目的は、測定で物理量を得て、そこから深い準位の性質を知ることです。そしてその知識を用いて、深い準位の抑制、活用技術の開発がおこなわれています。

●どのようなものが測れるのか

測定可能な試料の最低条件として次の3点が挙げられます。

- ①試料に接合容量が存在し、印加電圧によって容量値が変化する状態であること。言い換えると、試料内に空乏層ができ、電圧によって空乏層幅が変化すること。
- ②ダイオード特性があり特に不良でないもの。
- ③印加できる逆バイアス電圧の範囲が数V以上あり、その範囲内で漏れ電流が、できる限り $1 \mu\text{A}$ 以下であること。

以上の条件を満たしていれば、試料がシリコンでも化合物でもセラミックスでも材質にこだわらず、測定可能です。

さらに試料が次の条件も備えていれば、より信頼性のあるデータが得られます。

- ・数百回の印加パルス電圧に対する耐性及び再現性がある。
- ・単純なデバイス構造である。
- ・電極部分が金属蒸着膜である。
- ・MOS試料の場合、酸化膜が印加電圧に対して強い。

最後に、試料の測定例として、典型的なショットキーダイオードで測定したp型シリコン結晶中の、鉄-ホウ素 (Fe-B) 複合体がつくる単一局準位のDLTSスペクトル (図1) および、ICTS スペクトル (図2) を示します。

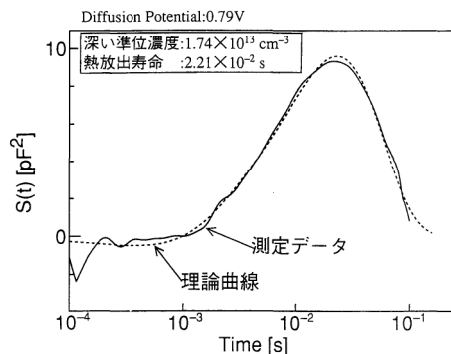


図2 50Kでのp型Si中のFe-B複合体のICTSスペクトル
ICTS spectrum of Fe-B compounds in p-type Si at 50 K



小島 裕子
Hiroko Obatake
営業本部分折センター
1964年7月17日生
京都工芸繊維大学
工芸学部色染工芸学科卒業

イオン濃度測定用複合電極

【登録番号】 実用新案登録第1834872号

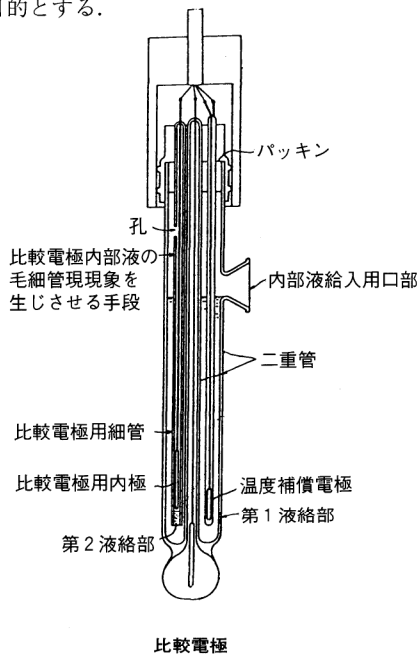
【考案者】 大川浩美

【分野・目的】

本考案はイオン濃度測定用のガラス電極と比較電極とを一体化したイオン濃度測定用複合電極に関する。

イオン濃度を電極法で測定する場合、測定用電極例えばガラス電極と、基準となる比較電極を一對として使用する必要があるが、使用上便利にするためにガラス電極と比較電極を一体とした複合電極が良く用いられている。一方、比較電極は、液絡部により内部液と被検液を電気的に接続することにより基準としての働きを行っているが、内極として用いられている Ag-AgCl 電極の AgCl が多量に溶解している内部液と、AgCl をほとんど溶解することができない被検液とを接触させるために、この液絡部において AgCl が析出する結果、液絡部が目詰まりを起し、液間電位の発生や液絡抵抗の上昇という不都合な事態が生じて比較電極の機能が失われてしまうという欠点を有していた。これを解消するために液絡部を2つ設けたダブルジャンクション型のものであるが、複合電極に適用した場合構造が複雑となるとともに製造コストが高く付くという欠点があった。

そこで本考案の目的は、シングルジャンクション型のもので変わらない簡単な構造で、製造が容易かつ安価なものでありながら、実質的にダブルジャンクション型のもので同等の効果をj得ることのできるイオン濃度測定用複合電極を提供することを目的とする。

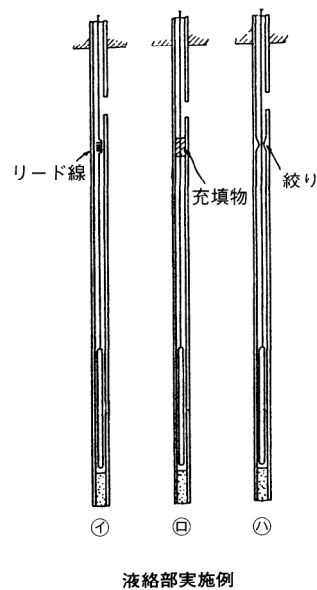


【概要】

ガラス電極用内管の周囲に、下部に第1液絡部を有し、上部側に比較電極内部液の給入用口部を備え、上方が開放された比較電極用外管を形成して二重管を形成し、下部側に第2液絡部を有し、かつ内部に比較電極内極を備えた比較電極用細管をパッキンにより液密状に保持して比較電極外管内に配置し、さらに前記比較電極用細管には比較電極内部液の液面レベルよりも上方において大気開放する孔と、この孔より下方位置に比較電極内部液の毛管現象を生じさせる手段を設けたことを特徴とするイオン濃度測定用複合電極。

【効果】

従来のシングルジャンクション型のものに、別個の細管とそれを保持する1個のパッキンを付加しただけのきわめて簡単な改造によって、ダブルジャンクション型のもので変わらない優れた機能を発揮しうるイオン濃度測定用の複合電極を、製造容易かつ安価に提供できるに至った。



流体変調方式のガス分析装置

【登録番号】 実用新案登録第1851581号

【考案者】 石田耕三, 上坂博二

【分野・目的】

本考案は赤外線吸収を利用したガス分析装置に関する。赤外線などの特定の波長の光の試料ガスの吸収を利用した分析装置においては光を断続することにより出力を交流信号にて取り出す方法が用いられており、断続の仕方としては光源を直接断続する以外に機械的変調（チョッパにより機械的に変調する）、圧力変調（セル内の圧力を変える）、セル長変調（セルの長さを変える）、流体変調（基準ガスと試料ガスを交互に流す）がある。本考案は上記のうち流体変調方式を利用したガス分析装置に関する。

流体変調方式は基準ガスと試料ガスを交互にセルに流すことにより変調する方式であるため、両ガスを一定周期で切り換えると共に一定流量でセルに導入する必要がある。

従来、周期性はロータリーバルブを用いることにより精度は上げられているが、定流量性については、従来の定圧レギュレータを用いる方式や毛細管を使用する方式では汚れなどにより十分な精度が得られにくいという問題点があった。

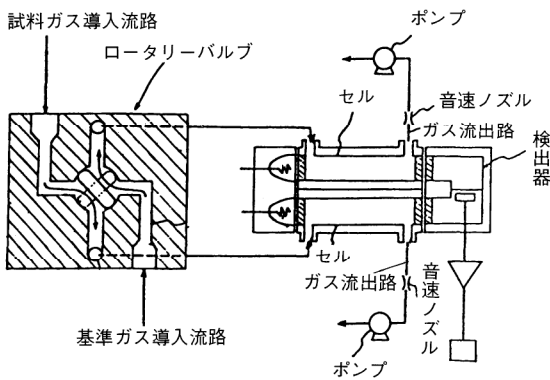
そのため、本考案は、セルに導入されるガスの定流量性を確保することを目的とする。

【概要】

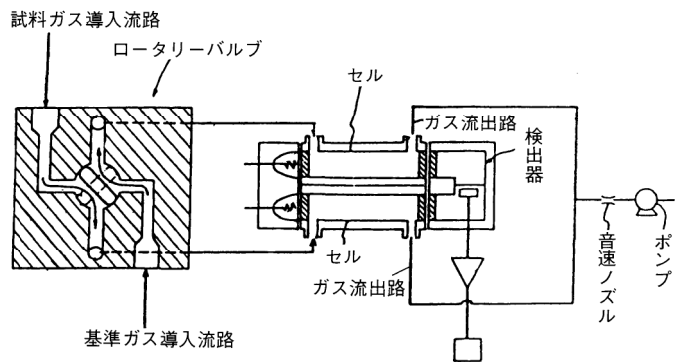
2つのセルに試料ガスと基準ガスを一定周期で交互に、かつ各セル内のガスを互い違いとなるように導入する流体変調方式のガス分析装置において、両セルの上流側にロータリーバルブを設けて試料ガスと基準ガスの両セルへの導入を切り換えるとともに、両セルからのガス排出路中に臨界ガス流れ条件下で動作する音速ノズルを設けている。

【効果】

音速ノズルを臨界ガス流れ条件下で動作するように保てば、その音速ノズルを流れるガスの流量は常に一定の所定流量になることを利用し、各セル内を流れる試料ガス、基準ガスの定流量性を確保できる。音速ノズルは毛細管などに比べガスの通過速度がはるかに速いため汚れにくく、かつ詰まりにも強く、長期に渡って常に所望する一定流量の試料ガス、基準ガスをセル内に導入することができる。また、音速ノズルは両セルの排出路に設けられるから両セルへ導入される試料ガス中の成分などの変動要因とはならない。



実施例1



実施例2

Liquid Sample Condensation Technique Using Perfluorated Polymer FILM for Picogram Analysis by FT-IR

Masahiko Ikeda, Hiroshi Uchihara

Applied Spectroscopy 46 (9), 1413-1414(1992)

Several works have attempted to develop techniques for automated on-line elimination of the mobile phase. The first micro-HPLC/FT-IR results were reported by Jinno and his co-workers as a buffer memory technique. More recently, a method has been developed in which the solvent from microbore HPLC is continuously sprayed onto and evaporated from a rotating reflective surface by a heated gas nebulizer.

The solvent elimination technique for trace analysis has been a main concern in HPLC/FT-IR research; recently, microscope (micro) /FT-IR has become a major technique for trace or highly sensitive analysis. The greatest concern is the collection medium, as well as the question of how to make very small spots on the medium in solvent-elimination LC/FTIR. The effects on the surfaces of materials were discussed by Griffiths and co-workers. We found that the spotted droplet on perfluorated polymer film reduces the diameter in accordance with solvent evaporation; in a few minutes at room temperature, the spot becomes sufficiently large to be measured by microscope/FT-IR. In this work, we are focusing on the microscale condensation technique in order to obtain picogram-level sample spectra by microscope/FT-IR. It is designated the "pin-point" condensation method.

This method produced a spectrum of about 500 ng of 1,5-dihydroxynaphthalene. The sensitivity is approximately 1000 times as high, in comparison to the 1-mm-diameter KBr tablet method. This technique can open the possibility of being used in LC/FT-IR solvent elimination interfacing.

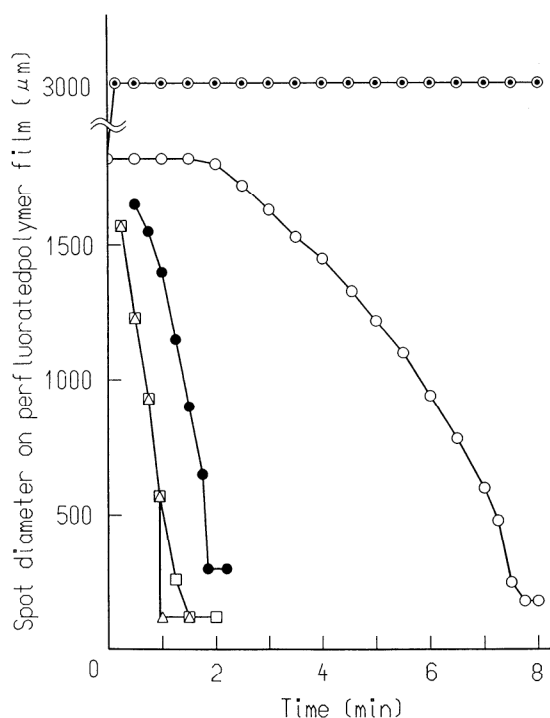


Fig. 1 Evaporation time and spot size of Triton at 25°C : One microliter of Triton with a concentration of 0.1 μm/mL in (○) water, (●) water at 60°C, (□) methanol, (△) acetonitrile on perfluorated polymer film, and (○) water on a SUS plate.

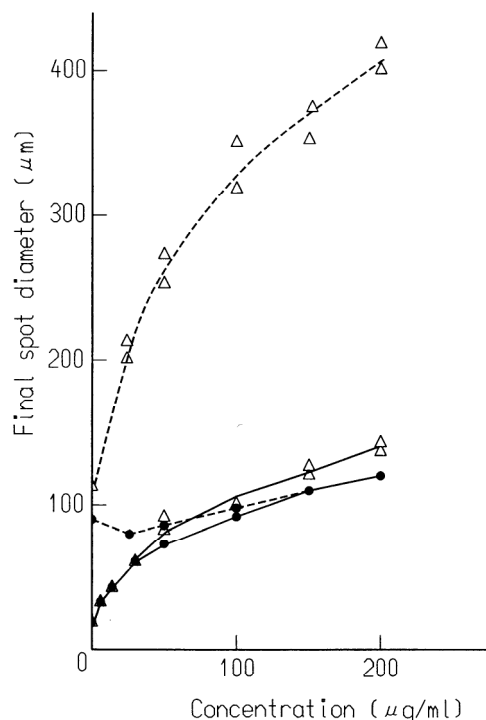


Fig. 2 Sample concentration and final spot size. Sample is one microliter of a solution of Triton in acetonitrile (—●—), Triton in methanol (····●····), 1,5-dihydroxynaphthalene in acetonitrile(—△—), and 1,5-dihydroxynaphthalene in methanol(····△····).

社外技術発表リスト

▶口頭発表

1992年 5月～10月

標 題	氏 名	発 表 機 関 (場 所)	時 期
FTIR 最新技術動向の紹介	中田 靖	第12回九州科学機器展新技術・新製品説明会 (博多スターレーン)	1992年 5月14日
フッ素樹脂薄膜使用による高感度赤外スペクトル測定法	池田 昌彦 内原 博	日本分光学会平成 4 年春季講演会 (東京大学)	1992年 5月19日
フッ素薄膜を用いた濃縮法による HPLC/FTIR の基礎検討	池田 昌彦 内原 博	第53回分析化学討論会 (秋田大学)	1992年 5月31日
低真空 SEM における X 線マイクロアナリシス	坂東 篤 大堀 謙一 細川 好則 村瀬 潤 吉川 尚	日本電子顕微鏡学会第48回学術講演会 (日本コンベンションセンター)	1992年 6月 3日
炭素・硫黄分析装置の先端材料への応用	伴 弘一	京都先端技術研究会 (京都市工業試験場)	1992年 6月10日
自動化機能, 微小表面分析など -FTIR最新技術の動向-	中田 靖	第7回北海道科学機器展新技術説明会 (アクセスサッポロ)	1992年 7月 9日
Multiplicity and Lattice Relaxation of DX Centers Al _x Ga _{1-x} As : Si Studied by Electron Emission Spectra under Pressure	1) K. Takarabe 1) H. Ashizawa 1) S. Minomura 2) H. Kato 2) Y. Watanabe K. Matsuda	第 5 回高压半導体物理学国際会議 (京都アピカルイン)	1992年 8月18 -20日
赤外顕微鏡による微小領域表面分析 -顕微高感度反射 (RAS) と顕微全反射 (ATR) の紹介-	中田 靖	日本分析化学会第41年会ワークショップ (同志社大学)	1992年 9月11日
HPLC 溶離液のピンポイント濃縮法による工場排水成分の顕微 / FTIR 測定	池田 昌彦 内原 博 3) 磯 節子 3) 中村 忠	日本分析化学会第41年会 (同志社大学)	1992年 9月12日
Multicomponent Continuous Measurement of Automotive Emissions using FTIR	M. Adachi	OIML (Interlaken, Switzerland)	1992年 9月29日
環境大気自動計測器の現状と今後の課題	山田 毅	次世代センサ協議会 (早稲田大学材料技術研究所)	1992年10月 6日
各種燃料車の排気ガス特性	井上 香 山岸 豊 足立 正之	自動車技術会学術講演会 (京都国際会館)	1992年10月 7日
シャシダイナモ上における自動運転装置の開発	野口 進治 小西 隆夫 小川 恭広	自動車技術会学術講演会 (京都国際会館)	1992年10月 8日
FT-IR の自動化対応機能の紹介と高感度分析テクニックの実際と応用例について	中田 靖	'92分析機器展 (幕張メッセ)	1992年10月14日
ワイドレンジで高分解能を実現した新型レーザ回折/散乱式粒度分布測定装置について	東川 喜昭	'92粉体工業展スーパープレゼンテーション92 (晴海・貿易センターホール)	1992年10月14日
ワイドレンジで高分解能を実現した新型レーザ回折/散乱式粒度分布測定装置について	東川 喜昭	'92分析機器展併設新技術説明会 (幕張プリンスホテル内プリンスホール)	1992年10月15日
Development of Leak Tite Electrical Conductivity Measurement System and Its Application to Liquified Speciality Gases	4) Y. Ishihara 4) T. Ikeda 4) T. Takasaki 4) H. Hasegawa R. Fukushima 5) N. Miki 6) T. Ohmi	'92 Microcontamination (Santa Clara California, USA)	1992年10月28日

注 1) 岡山理科大学 2) 関西学院大学 3) オルガノ総合研究所 4) 日本酸素 5) 橋本化学 6) 東北大学

▶文書発表

1992年5月～10月

標 題	氏 名	発 表 書 誌 名
Latest Technologies Aid in Measuring Air Pollution 高精度メタン・一酸化炭素濃度観測システム	H. Mikasa 三笠 元	Journal of Electronic Engineering 29, 10, 26-32, 1992 環技協ニュース 13, 2, 2, 19, 1992
Liquid Sample Condensation Technique Using Perfluoropolymer Film For Picogram Analysis By FTIR プラズマ処理による GaAs 表面処理の効果	M. Ikeda H. Uchihara 1) 二宮 英彰 1) 山田 隆史* 1) 杉野 隆 松田耕一郎 1) 白藤 純嗣	Applied Spectroscopy 46, 9, 1431-1434, 1992 平成4年電気関係学会関西支部連合大会講演要旨集 G10-16, 1 p, 1992
Electric Field Orientation of Nucleic Acids in Aqueous Solutions. 3. Non-Kerr-Law Behavior of High Molecular Weight DNA at Weak Fields As Revealed by Electric Birefringence and Electric Dichroism	2) K. Yamaoka 2) K. Fukudome Koichiro Matsuda	The Journal of Physical Chemistry 96, 17, 7131-7136, 1992
Measurement of Surface Fermi Level in Phosphidized GaAs	1) T. Sugino 1) T. Yamada* 1) K. Kondo 1) H. Ninomiya K. Matsuda 1) J. Shirafuji	Japanese Journal of Applied Physics 31, Part 2, 11A, L1522-L1524, 1992

注 1) 大阪大学 (*山田隆史氏は現在住友電気工業に勤務) 2) 広島大学

Readout No.4 特集●粒子をはかる

- 巻頭言 わが社の研究開発に思う 石田耕三
- 特別寄稿 光と物質の相互作用—光学定数の由来について— 中井祥夫
粒度分布測定はなぜ難しいか 椿 淳一郎

- 特集論文 微粒子計測関連製品の現状と課題 岸本俊彦
自然/遠心沈降式粒度分布測定装置 CAPA-700 東川喜昭
レーザ回折/散乱式粒度分布測定装置 LA-700 湯原義公・鈴木哲也
薬液用微粒子カウンター PLCA-700 久保良宏
粒度分布測定における分散媒の効果 千代光彦
時間分解蛍光分光光度計を用いた蛍光偏光解消による分子の大きさの測定 南 孝明
エネルギー分散形X線マイクロアナライザを使った粒子の分析 坂東 篤・大堀謙一

- 特別寄稿 人間社会の発展を担う「計測科学」のすすめ 荻屋公明

- 一般論文 汎用水質計の変換器と検出器 α-900シリーズ 山内 進・鈴木理一郎
運行管理システム HIT-500 中西保之
「人の動き」センサー：フレネルアーデット 操谷俊之・高田秀次
- 研究施設紹介 研究開発用多目的クリーンルーム 大槻久仁夫
- ◇一口メモ 自然/遠心沈降式粒度分布測定装置 CAPA シリーズの保守
—トラブル発生を予防する— 田中輝夫
- ◇特許メモ
- ◇社外技術発表リスト(1991年5月～1991年10月)
- ◇バックナンバー掲載記事

Readout No.5 特集●元素をはかる

- 巻頭言 自由主義経済の行方 堀場雅夫
- 特別寄稿 化学分析の微視化
—ナノ時代に向かって— 池田重良
元素分析の過去と将来
—鉄鋼業の場合— 佐伯正夫

- 特集論文 X線マイクロアナリシスから見た惑星構成物質の形成史
北村雅夫・村瀬潤・大堀謙一
鉄鋼中極微量炭素の定量分析 田中清之・伴 弘一
元素分析関連製品の現状と技術課題 細川好則
蛍光X線硫黄分析計 SLFA-1800 岡田義明
エネルギー分散形軽元素X線検出器 新井重俊・河村隆文
固体中水素分析装置 EMGA-521/621 林 守伸
酸素・窒素・水素分析装置の自動化ニーズに向けて 平野彰弘

- 特別寄稿 分光分析の発達と元素の発見 清水 榮

- 一般論文 高速・高感度旋光計 SEPA-300 澤田喜行
- ◆開発夜話 酸性雨分取器「レインゴerland」誕生記
出会い—試行錯誤—失敗—笑い,そして願い 永井 博
- ◇一口メモ 飽和水酸化カルシウム pH 標準液について 武市伸二
- 研究施設紹介 多品種少量に 대응するホリバのプリント基板生産ライン 中根正見
- ◇知有権メモ
- ◇社外技術発表ダイジェスト
- ◇社外技術発表リスト(1991年11月～1992年4月)
- ◇バックナンバー掲載記事

※バックナンバーに関しては当社Readout事務局(075)313-8121へお問い合わせ下さい。各論文の別刷りを用意しております。

Readout 編集委員会

委員長：石田 耕三

副委員長：青海 隆

事務局：伊藤 省二

●お問い合わせ先

株式会社 堀場製作所 知的所有権部

電話 (075)313-8121 Fax (075)321-5648

Readout HORIBA Technical Reports

No.6

1993年1月26日発行

編集・発行人 石田 耕三

発行所 株式会社 堀場製作所

〒601 京都市南区吉祥院宮の東町2番地

電話 (075)313-8121

印刷・製本 河北印刷株式会社

〒601 京都市南区唐橋門脇町28 電話 (075)691-5121

HORIBA