

**よりよい大気をめざして
自動車と燃料のさらなる挑戦**

JCAP試験法WG 報告

2002 .2 .22

試験法WG

JCAPにおける試験法WGの位置付け・目的

目的

試験データの信頼性の確保

方策

- 自動車排出ガス低減技術と燃料改良技術を正しく評価できる試験法の決定
- 統計的解析手法の確立
- 実験精度保証 (クロスチェック)の実施
- 計測法の調査

試験法WGの主な活動内容 (1)

試験・解析手順の確立

- ガソリン車WG、ディーゼル車WGにて実施する走行試験・マトリックス試験手順、および試験結果の統計的解析手法の確立
- 手順書の作成・改訂

計測精度の維持・向上

- ガソリン車・ディーゼル車・ディーゼルエンジンによるクロスチェックの実施
- クロスチェック結果に基づく設備の改善
- マトリックス試験時の標準燃料データでの監視

PM粒子計測法の検討

- 海外調査による情報収集、動向把握
- ELPI・SMPSによるPM粒径計測の試行

試験法WGの主な活動内容 (2)

各WG試験の試験法、データ解析支援

- **実験計画支援**

- 走行・エミッション測定用ラボ間の影響を消去するために2水準系の直交実験計画を組み、燃料と車両の影響因子のみを抽出し、ラボ間の影響を分離した。

- **ランダム化 (無作為の組合せ) の導入**

- 燃料種類・後処理装置と実験車両との組合せや実験ラボの選定を乱数表によるランダム化により、ラボ間の影響を消去した。
- 試験燃料の試験順番をランダム化し、順列の影響を消去した。

- **繰り返し判定基準の設定**

- データに統計的バラツキが観測された場合に追加試験を実施する基準を設けて、必要データ数を確保し信頼度を上げた。

クロスチェックの目的・概要

クロスチェックの目的

- JCAP試験実施ラボでの測定値のばらつき程度を確認し、JCAPの各試験を行うにあたり、試験設備として問題の無いことを確認する
 - クロスチェック実施ラボ : JARI、ATRI、OEM(s)
 - 同一車両およびエンジン / 同一燃料で、各ラボ設備を用いたチェック
 - より精度を高めるため、試験結果を設備・試験法の改善に反映

判断基準

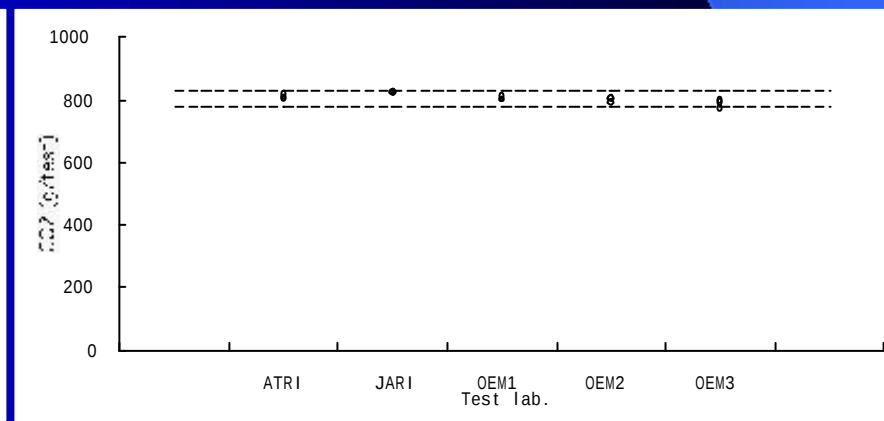
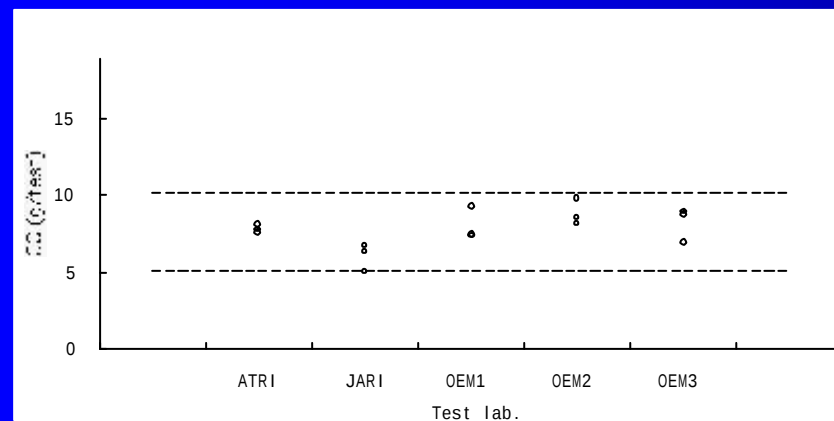
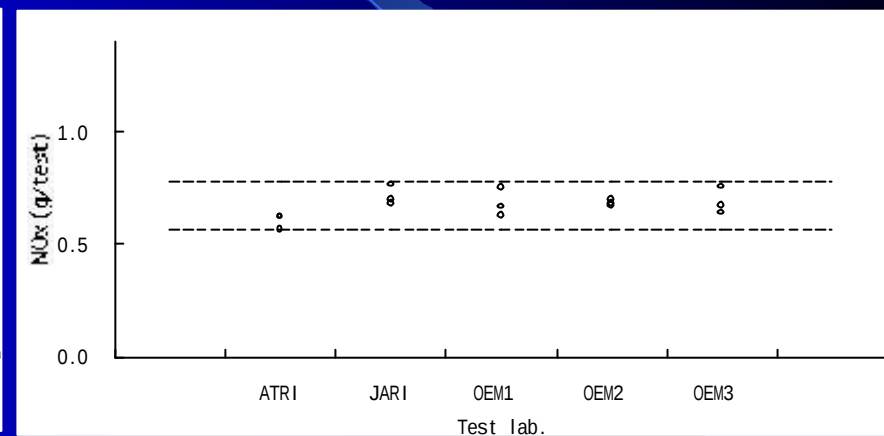
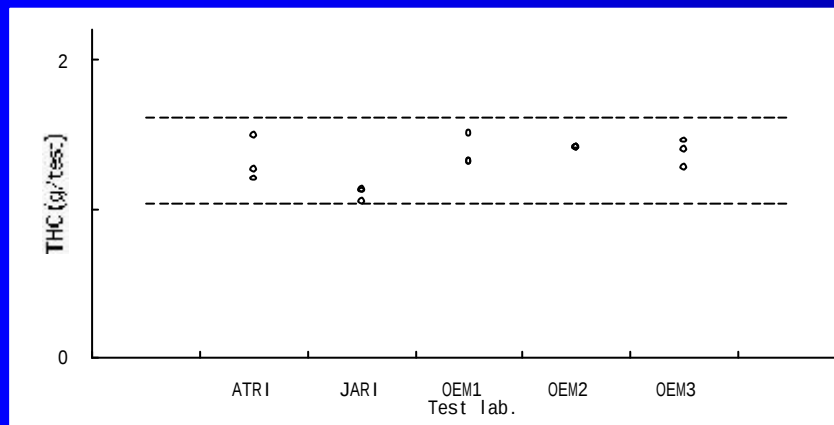
- エMISSION絶対値の低濃度化に伴い、ラボ間の差を完全に無くすことは困難となってきたため、各ラボの平均値を全体の $\pm 2\sigma$ 以内に収めることを目的とした。

ガソリン車クロスチェック結果 (11モード)

Test vehicle: 1.3L Automatic transmission with 4-speeds

Test fuel: 2G-11 (Sulfur: 30 ppm)

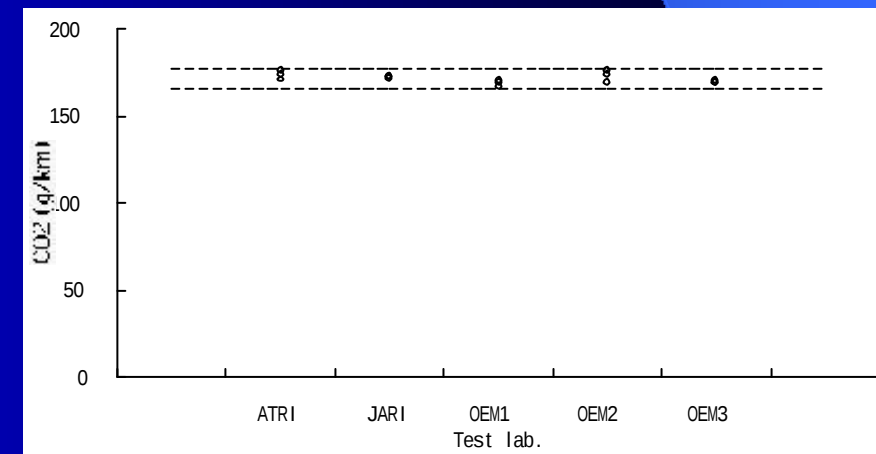
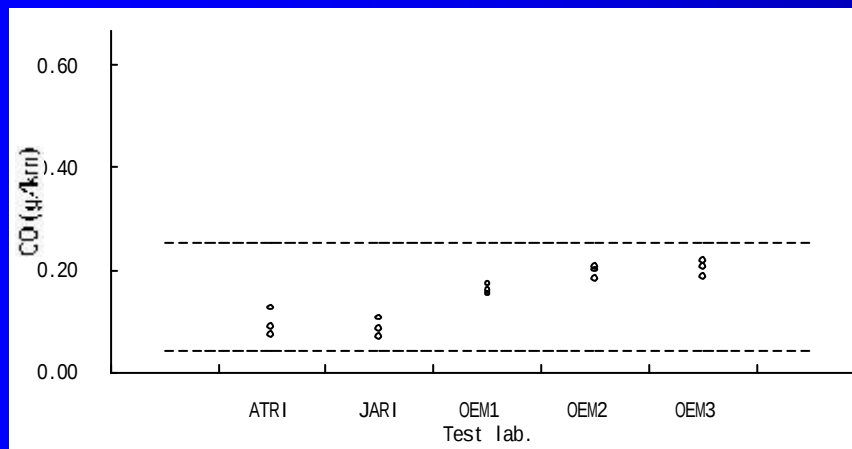
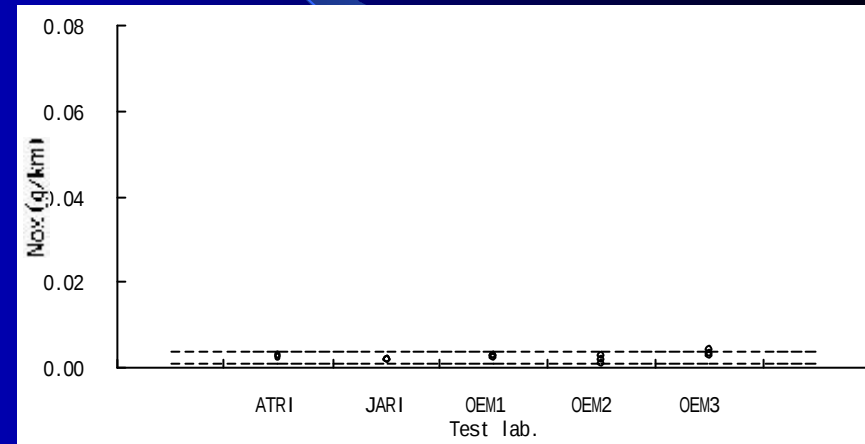
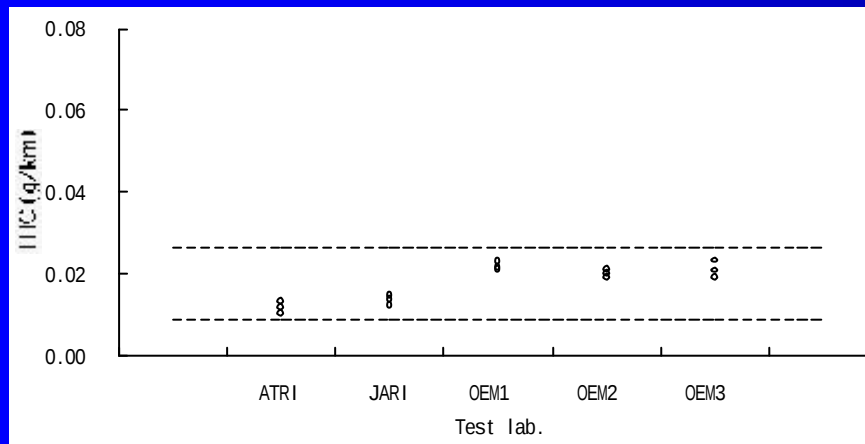
----- $\pm 2\sigma$



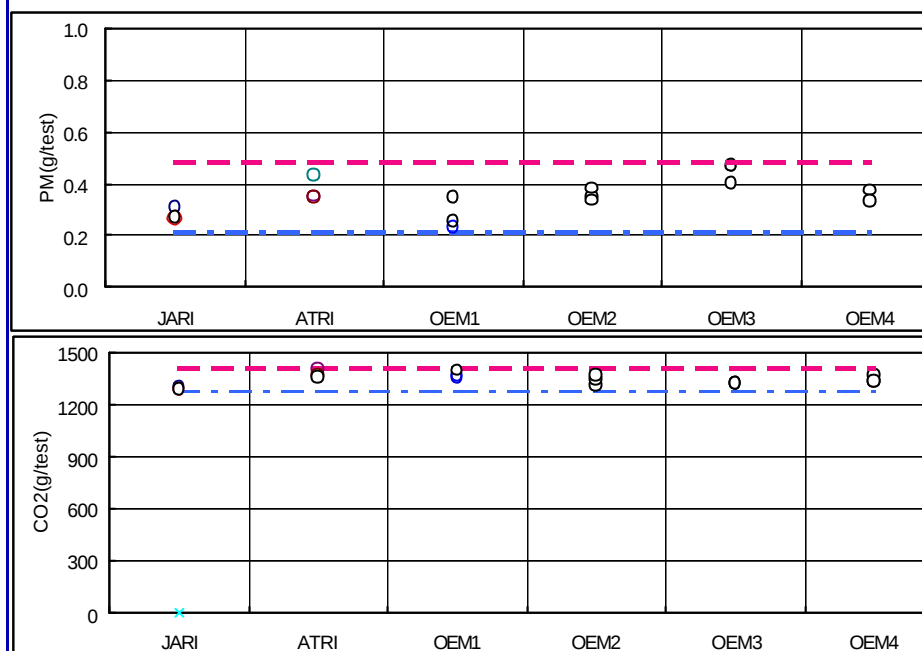
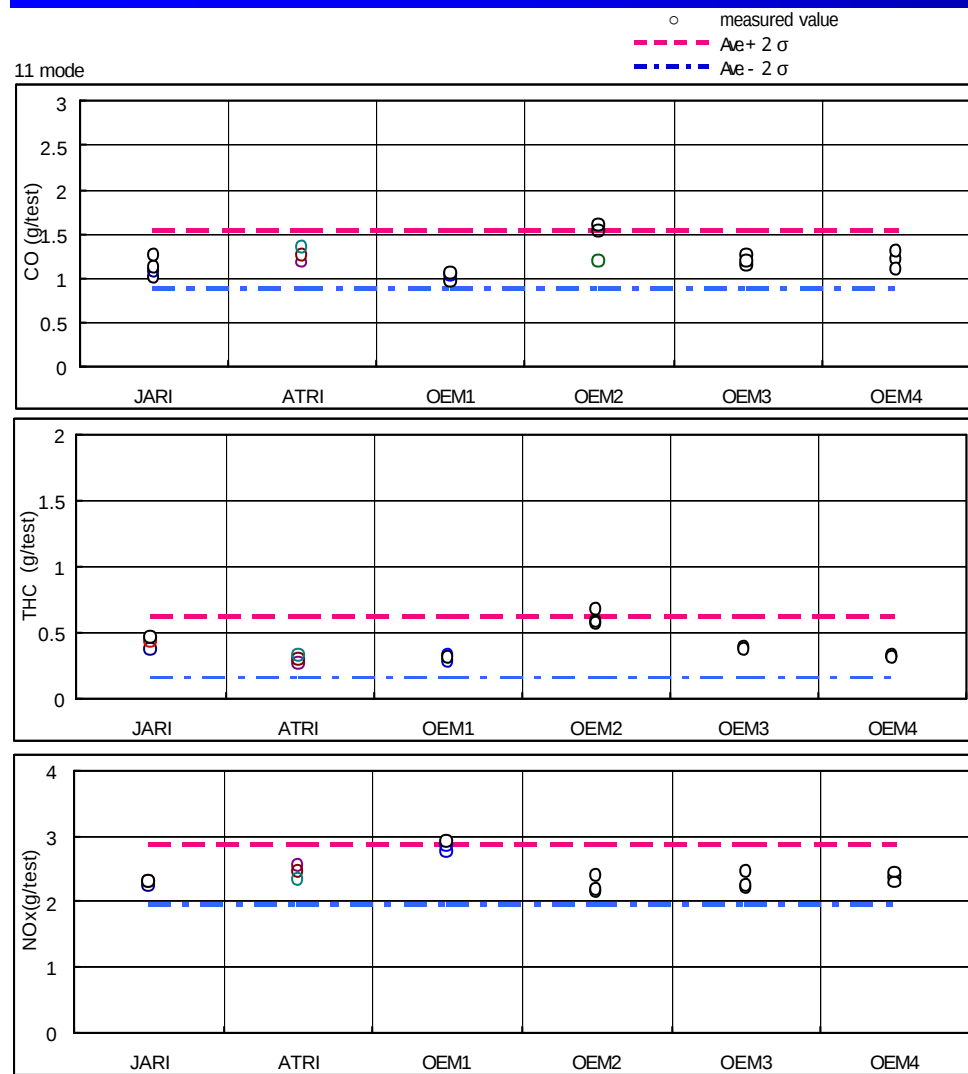
ガソリン車クロスチェック結果 (10・15モード)

Test vehicle: 1.3L Automatic transmission with 4-speed
Test fuel: 2G-11 (Sulfur: 30 ppm)

----- $\pm 2\sigma$

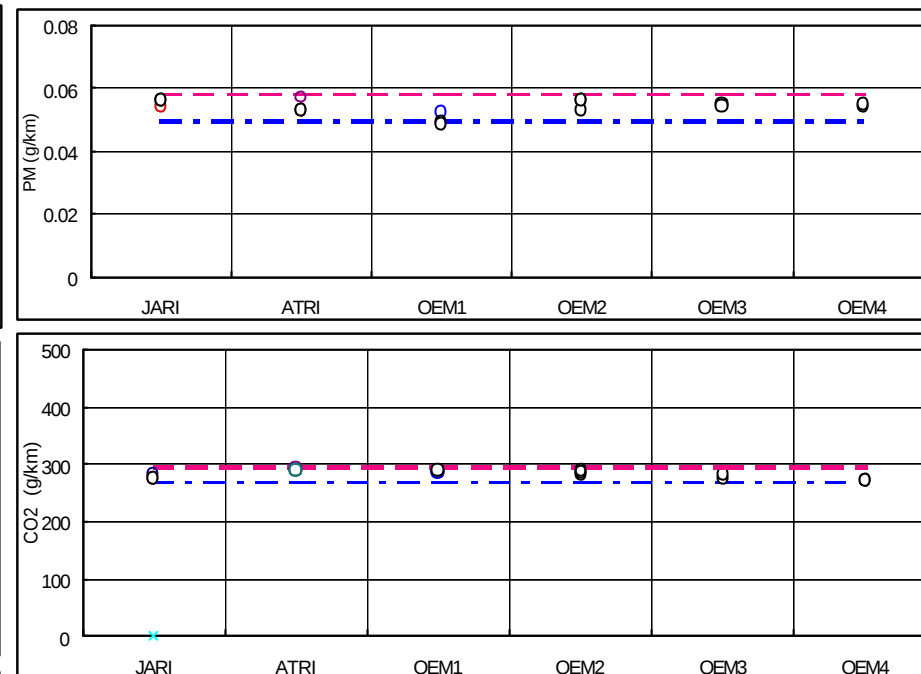
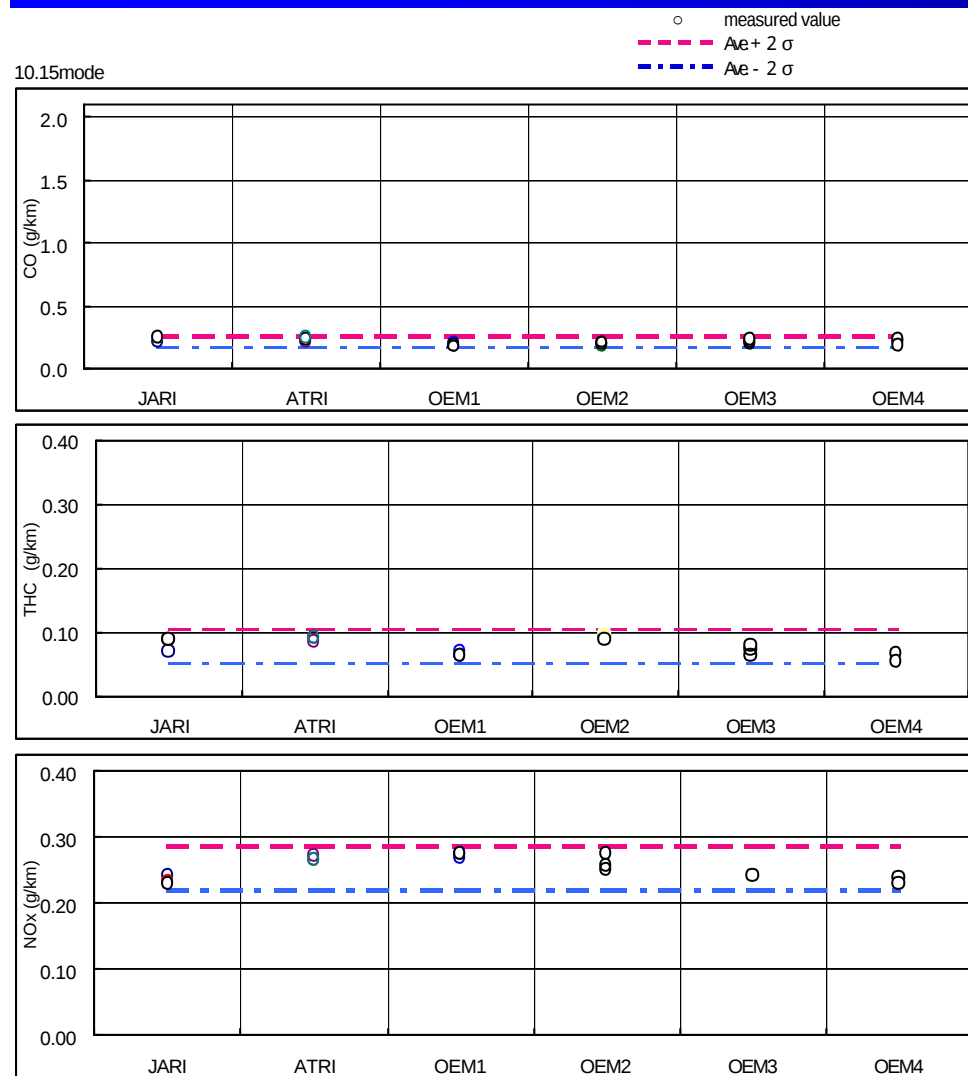


ディーゼル車クロスチェック結果 (11モード)



Test vehicle: 3.0L, Automatic transmission with
4-speeds (with oxidation catalyst)
Test fuel: 2D-02 (Sulfur: 300 ppm)

ディーゼル車クロスチェック結果 (10・15モード)

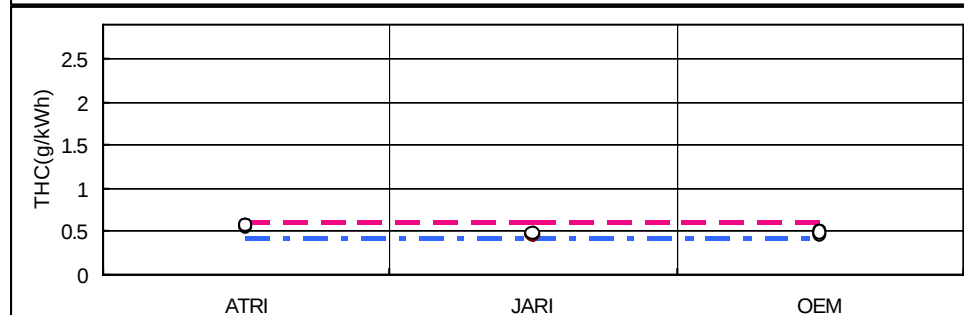
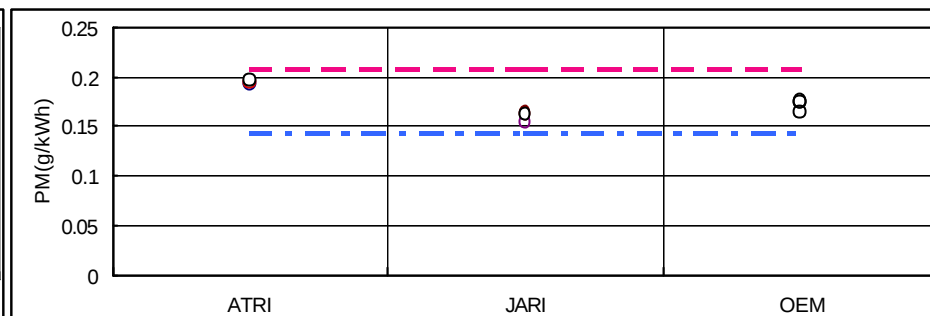
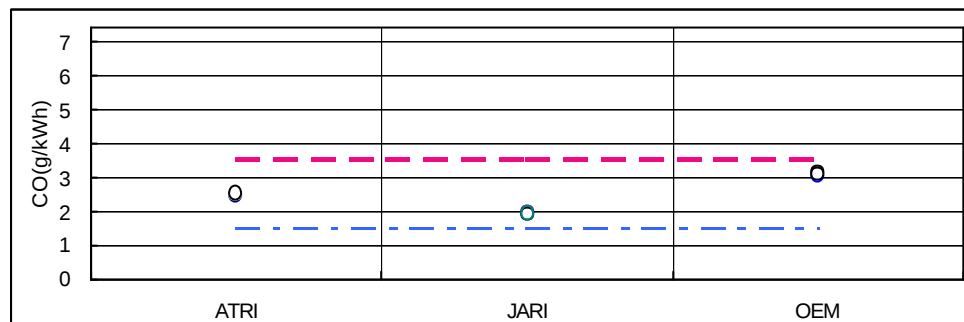


Test vehicle: 3.0L, Automatic transmission with
4-speeds (with oxidation catalyst)
Test fuel: 2D-02 (Sulfur: 300 ppm)

ディーゼルエンジンクロスチェック結果

(JARI engine test cycle w/o CR-DPF)

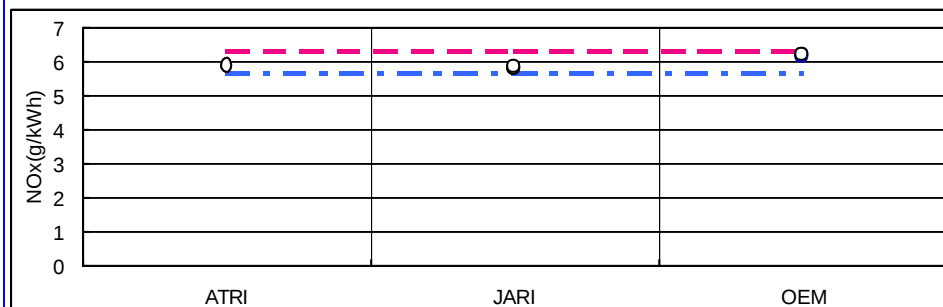
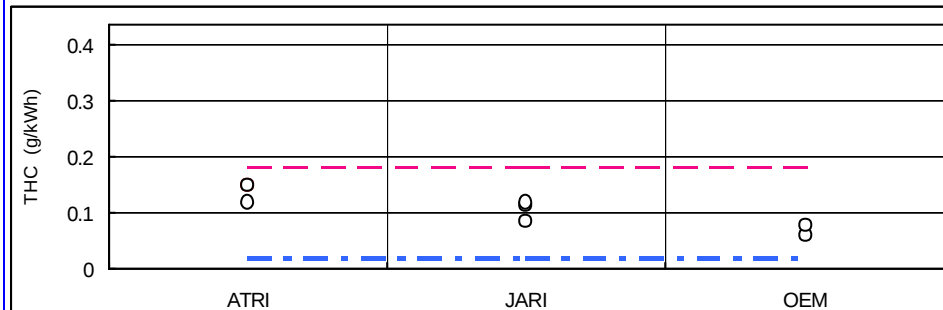
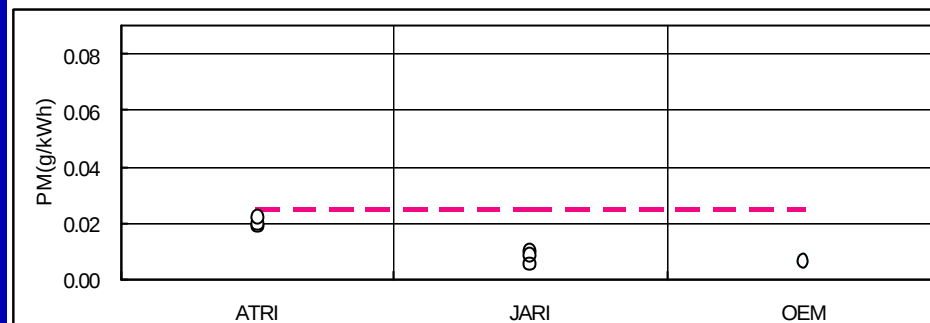
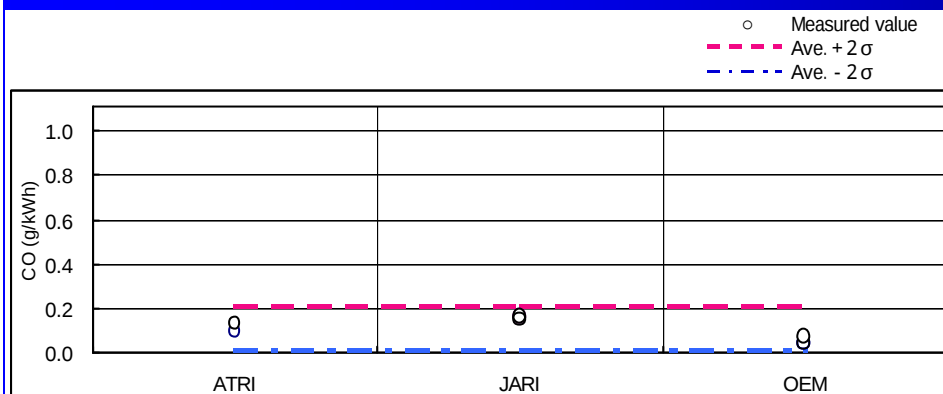
○ measured value
- - - Ave. + 2σ
- - - Ave. - 2σ



Test engine: YA (6.9L, DI)
Test fuel: 2D-06 (Sulfur: 50 ppm)

ディーゼルエンジンクロスチェック結果

(JARI engine test cycle with CR-DPF)



Test engine: YA (6.9L, DI)
Test fuel: 2D-06 (Sulfur: 50 ppm)

クロスチェック結果まとめ

- 各ラボでの測定結果の平均値は、全体を通し、 $\pm 2\sigma$ から外れることは無かった
- ATRI、JARIIは、JCAP試験を実施するのに必要な設備と能力を有していることを確認した



今後の課題

- 低濃度排出ガス測定精度の維持・向上
 - クロスチェックのより細かい試験条件フォロー → 解析 / 対策
- 低濃度排出ガス測定における検出限界、定量限界の確保
 - 検出限界、定量限界を改善するための計測技術の発展

PM粒子計測法調査

背景

環境への自動車排出ガスのインパクトを考える際の重要な項目としてPM粒子径を計測することが世界的に注目されている。しかし

- 粒子径測定技術は発展途上の段階である
- 日本において計測された例が少ない

活動内容

- 海外技術調査 (欧州)
PM粒子計測に関する海外の最新技術動向を調査
- PM粒子径計測試行
現在実施可能でありかつ広範に使用されているPM粒子測定装置を用い、微小粒子計測の可能性と課題を把握するための基礎的なデータを採取

欧米の動向調査結果

欧州の動向

- 早急に何らかの対策が必要との考え方が先行しており、将来的に認証に使えるような試験設備・試験法の検討が進められている。

米国の動向

- PM粒子による影響を明確にすることが重要との考え方より健康影響に関する研究が進められている。
- 計測法についても微小粒子の大気放出実態を実験室で再現できる手法の検討が進められている。

PM粒子測定に関する海外調査 (1) (欧米で実施中のPM計測関係プロジェクト)

.欧州

Particle Measurement Programme (United Nation)

将来のPM認証試験に導入可能な測定法の提案を目的。

測定再現性が良い固体質粒子の測定に注目。

Particulates Project (European Commission)

・再現性の確保が難しい直径50nm以下 (nuclei mode) の粒子を含む
PM排出特性を明確にし 欧州統一の調和試験法の提案を目的。

.米国

CRC E-43 Project (Coordinating Research Council)

nuclei modeの粒子を含む路上における車両からのPM排出実態を
把握し 実験室で再現可能な方法の提案を目的。

PM粒子測定に関する海外調査 (2)

(新たなPM測定法制定の考え方 - byGRPE PMP)

後処理装置の装着によりPM排出重量が検出限界付近まで劇的に低下した結果、重量ベースでの評価が困難との主張あり。

健康影響の観点からPM粒子の数、大きさ、表面積等による評価が必要との主張あり。

新たなPM指標の導入 / 追加の必要性

- ・再現性の良いPM指標の導入
- ・重量法を補完できるPM指標 (測定装置) の導入

PM粒子測定に関する海外調査 (GRPE-PMPにおける検討内容)

.検出限界の低いPM指標 (測定装置)の導入

粒子の数・大きさの測定 → SMPS、ELPI、(LII) etc.

粒子の表面積(物性) → NanoMet、etc.

.再現性の良いPM指標 (固体質粒子)の導入

新たな測定装置の導入 : NanoMet、LII、etc.

固体質粒子測定法の導入

- a. 加熱空気希釈による揮発性物質の粒子化抑制
- b. thermodesorberによる揮発性物質の除去

海外調査結果サマリー (欧州におけるPM測定の変向)

- 欧州では測定再現性が良好な固体質粒子に注目しており、サンプリング法や装置等の測定上の問題を解決するプロジェクトが実施されている。一方、nuclei modeの粒子を含むPM全体の排出特性を明確にするプロジェクトも実施されている。
- 測定再現性の確保が難しいnuclei modeの粒子生成を制御する様々な装置（希釈器、thermodesorber）を用いた測定が試行されている。
- 粒子特性として粒子の大きさ、数、表面積等の物性に注目しており、大きさや数の測定にSMPSやELPI、表面積（物性）の測定にNanoMetが良く使用されている。

PM計測試行実験

概要

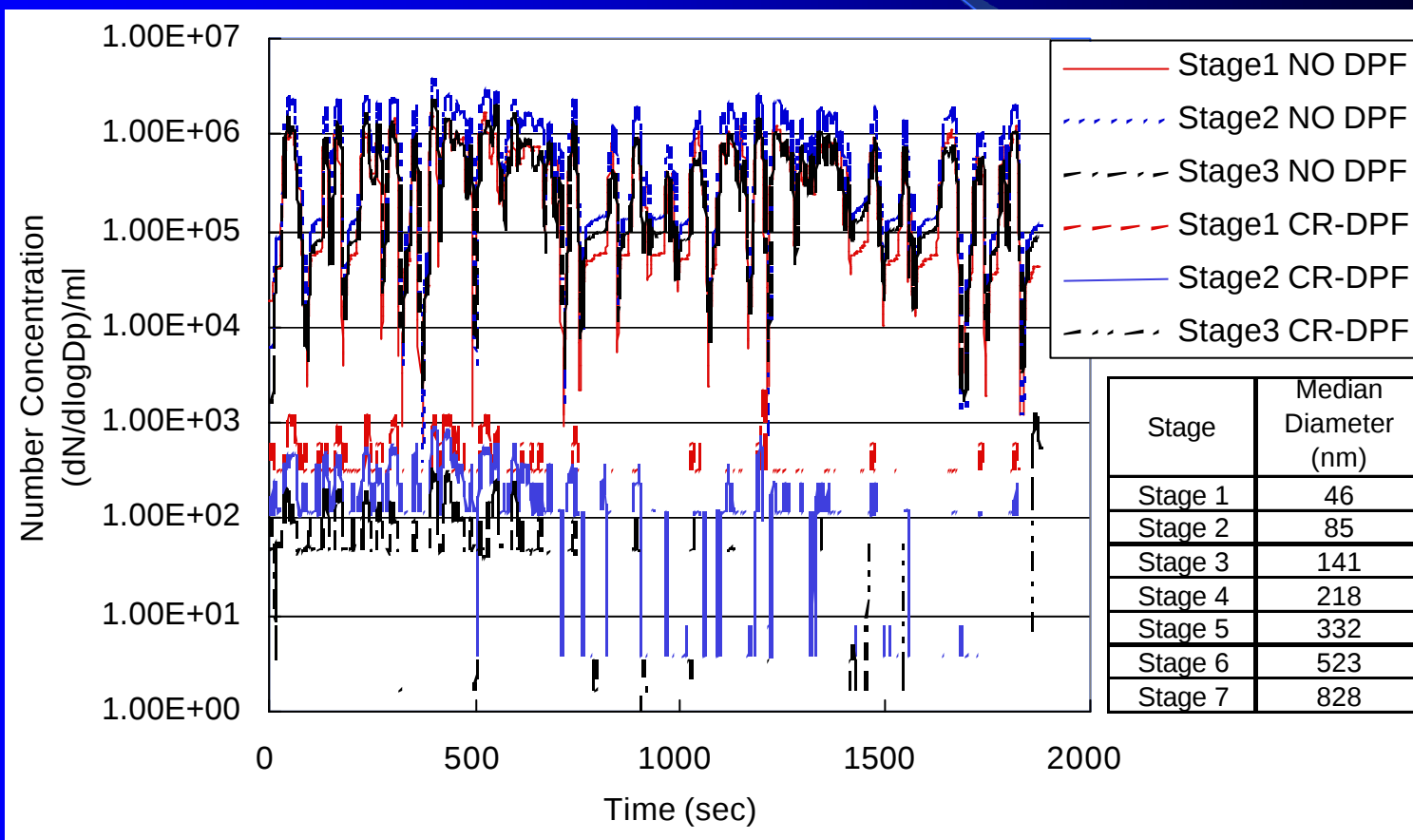
将来技術としての粒径計測について、試験法WGにて実施したディーゼルエンジンクロスチェックの中で、現在実施可能かつ広範に使用されているPM粒子測定装置を用い、微小粒子計測の可能性と課題を把握するための基礎的なデータ採取を実施した。

実施内容

- CR-DPF有無による比較
- 測定原理による差の確認
- ラボ間比較
- 再現性確認

試行実験結果 - CR-DPF有無による比較

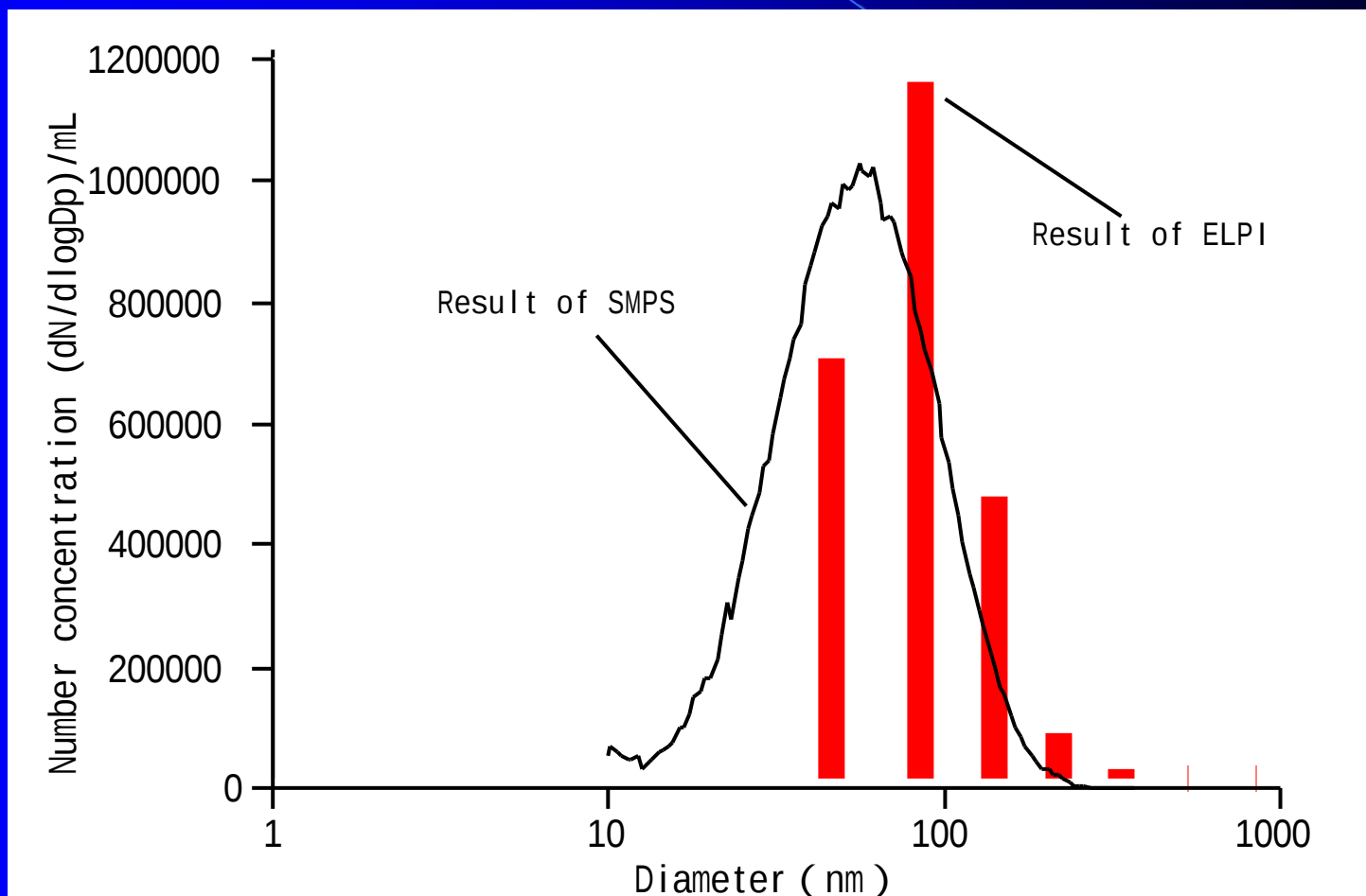
CR-DPFにより大幅にPMが低減されており 同し計測装置を使用した場合DPF有無のような大きな差の相対比較は可能



JARI Engine test cycle measured by ELPI

試行実験結果 - 測定原理による違い

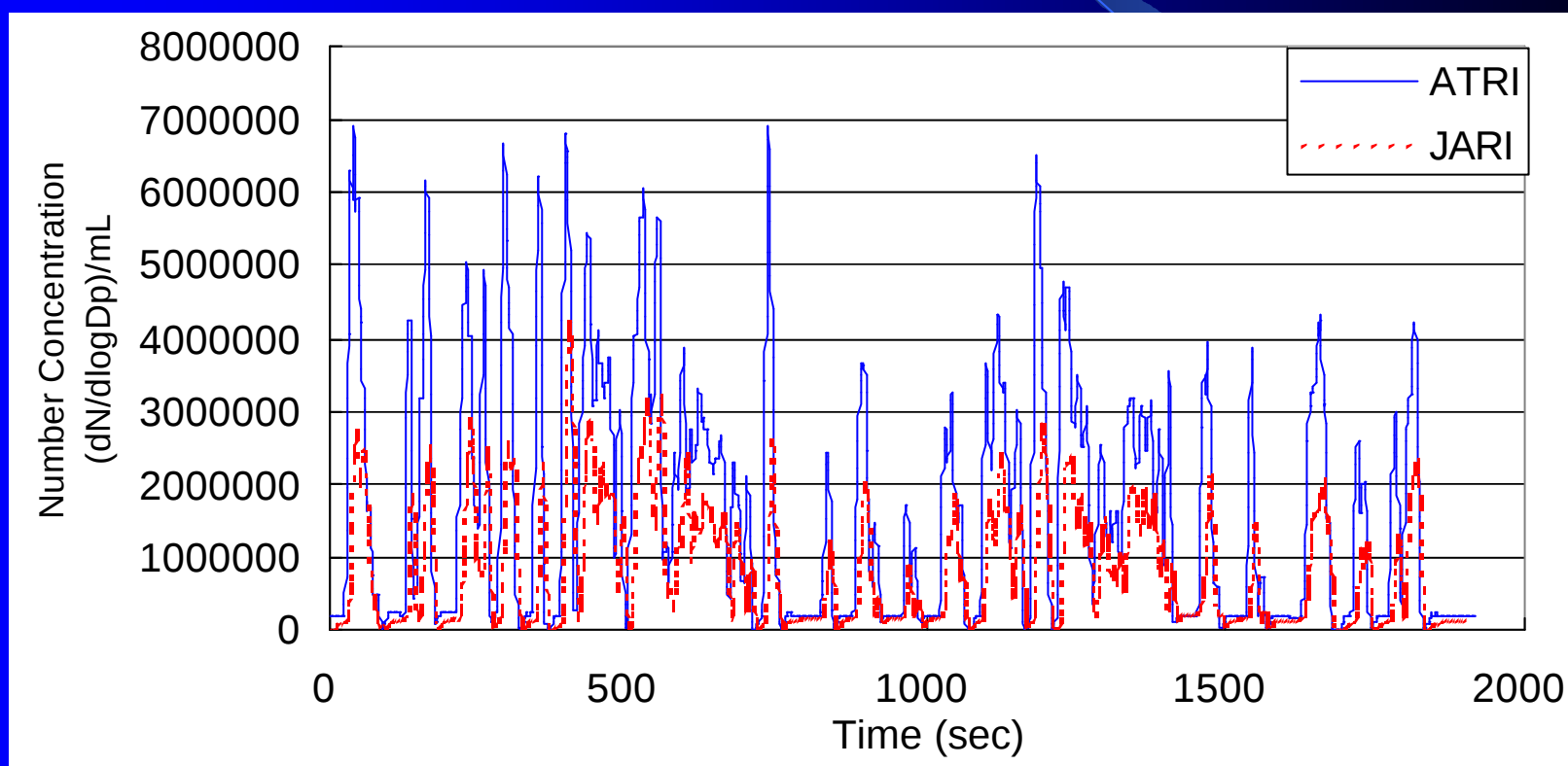
計測法が異なると結果は完全には一致しない



D13 Mode 60% rpm-20% Load point (DR=30)

試行結果 - ラボ間差

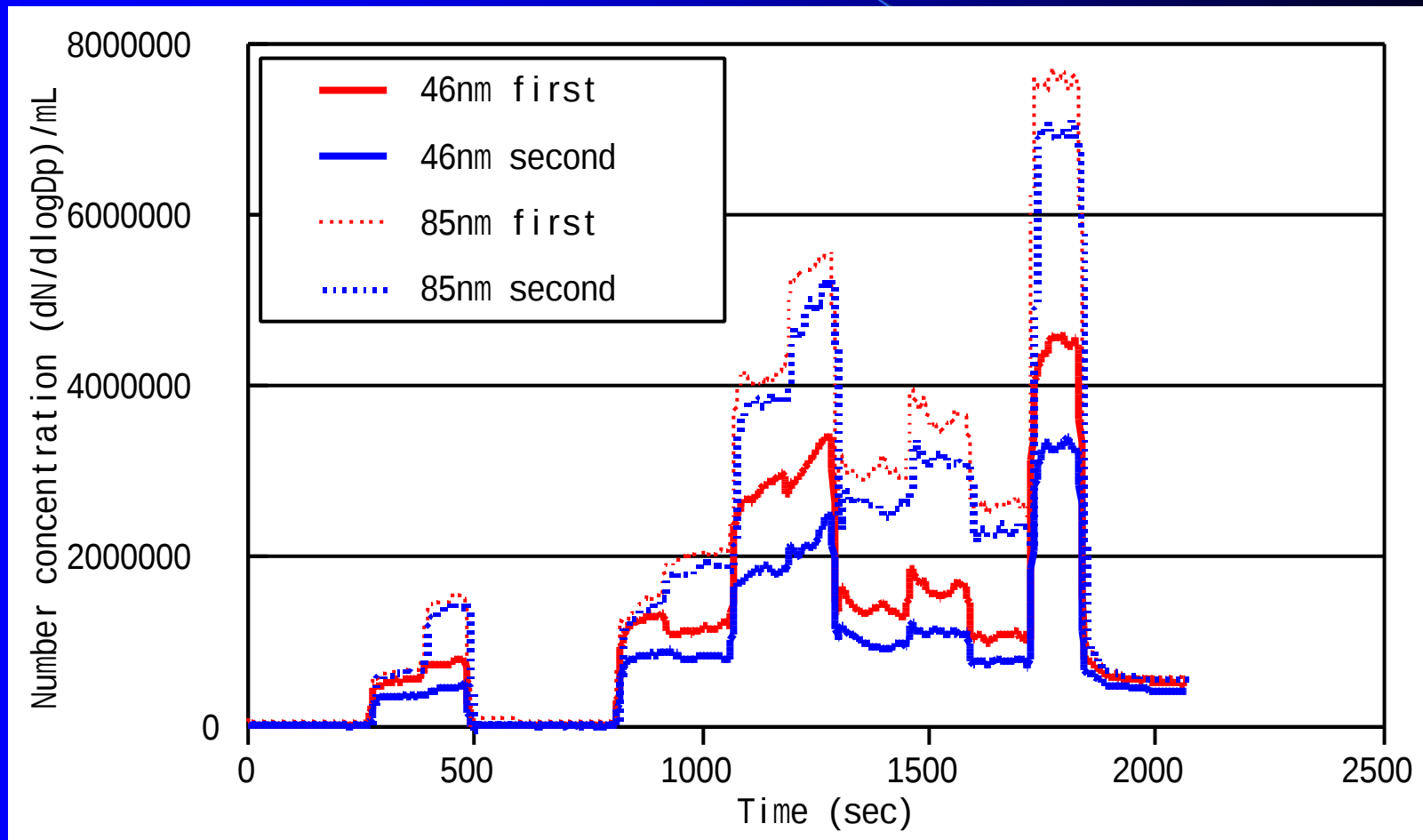
同じ測定原理であってもラボ (サンプリング装置) が異なると同じ結果が得られない



JARI Engine test cycle measured by ELPI

試行結果 - 定常試験結果

同一ラボ内でも再現性が低い



D13 Mode measured by ELPI

PM粒子計測法まとめ

PM粒子計測試行

- PM個数濃度に一桁以上の差がある場合、同一計測器を用いた結果の相対比較は可能
- 測定原理が異なる計測器での結果は一致しない
- 測定原理が同じでもサンプリング装置や粒子測定装置の機差により、ラボ内バラツキ、およびラボ間測定値差が大きく結果の絶対値比較は困難

今後の課題

- 自動車から排出される微小粒子の実態を的確に再現できる計測法の決定
 - 機差縮小 精度維持のためのキャリブレーション手法の確立
 - サンプリング装置を含めた試験法の更なる検討

試験法WG活動まとめと今後の課題

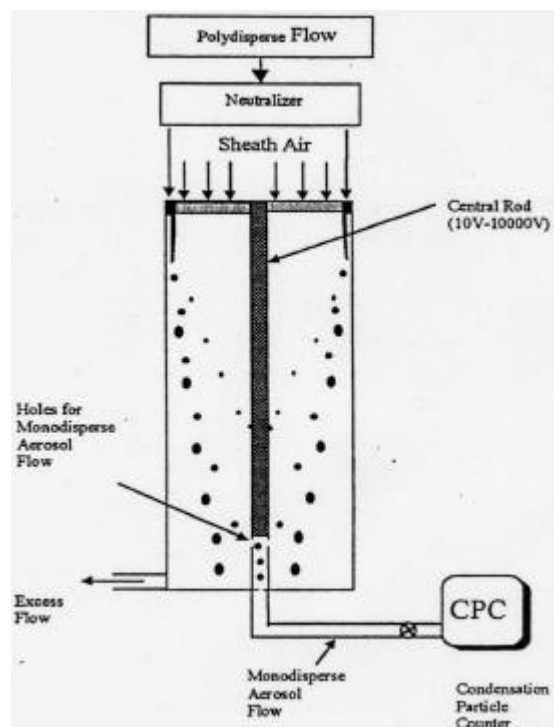
成果まとめ

試験手順の確立・計測法の調査・クロスチェック・実験計画・解析支援等によりEPEFEと同等以上の精度を確保し、ガソリン車WG、ディーゼル車WGで実施した試験結果の信頼性を保証できた。

今後の課題

1. 統計的解析手法及び実験計画法適用の継続
2. 検出限界・定量限界の改善
 - ゼロエミッション近傍データの精度確保
3. PM粒子の最適な計測手法の検討

SMPS (Scanning Mobility Particle Sizer)



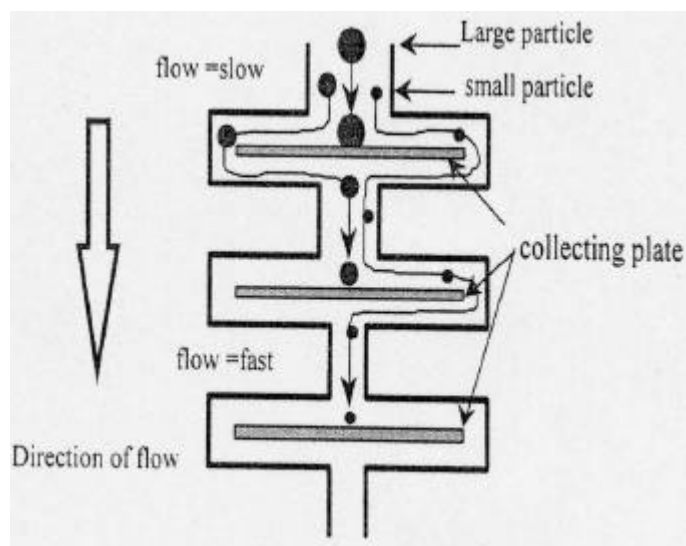
Sizing principle of DMA

SMPSは粒子を大きさごとに分級するDMA (Differential Mobility Analyzer) と粒子カウンタ部のCPC (Condensation Particle Counter) で構成される。

DMAは電極となる二重円筒に挟まれた空間に直流電界が形成されており、あらかじめ帯電した粒子は上部外筒壁から装置内に流入。

電気移動度の差により特定の粒径範囲の粒子のみ電極下端に取り付けられたスリットに流入することにより分級される。

ELPI (Electrical Low Pressure Impactor)



Sizing principle of Cascade Impactor

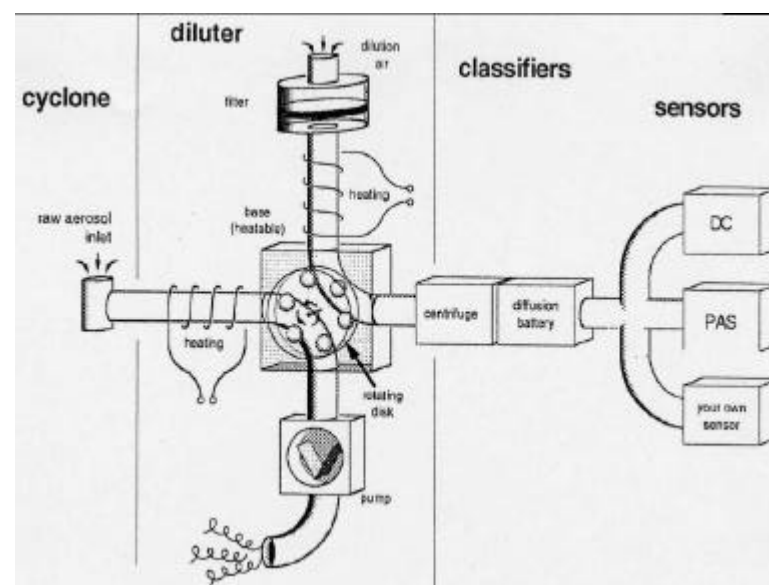
ELPIはカスケードインパクトによる粒子の分級原理を電子的に測定可能としたもの。

ELPIは粒子を空気移動度の違いにより分級する。

大きな粒子は慣性力が大きいいため上流の捕集プレートで補足され、小さな粒子は下流のプレートで連続的に補足される。

NanoMet (Nanoparticle Measurement Technique)

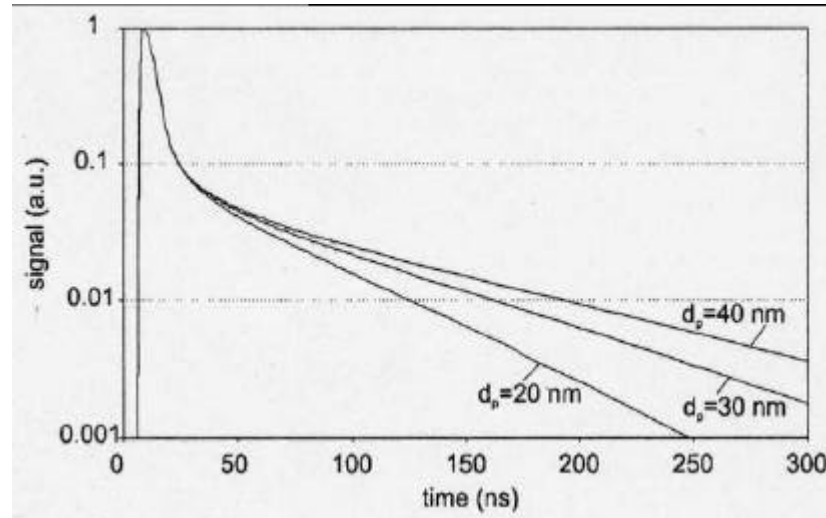
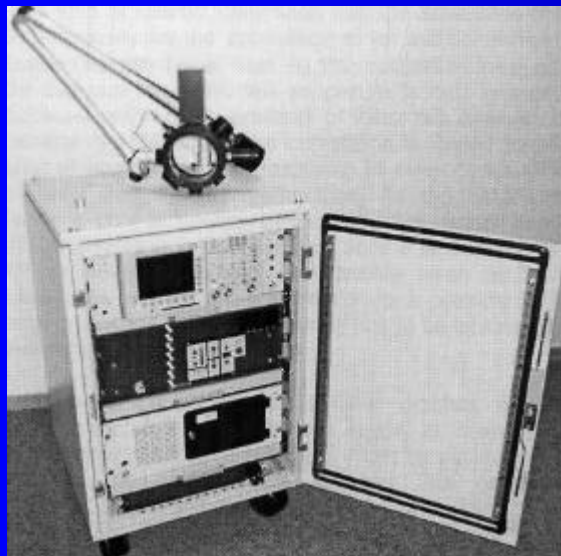
NanoMetは主に希釈器とセンサー部で構成される。希釈器は揮発性物質の凝縮を抑制するため加熱空気で希釈される。DC (Diffusion Charging) センサーは全ての粒子の表面測定を行い、PAS (Photoelectrical Aerosol Sensor) は炭素質粒子のみの表面測定を行う。DC/PASの比から粒子の物性に関する情報が得られる。



Schematic of NanoMet setup

LII (Laser Induced Incandescence)

排気ガス中にレーザーをパルス照射し、照射により加熱したスoot粒子の熱輻射を検出し、その減衰率からスoot構成粒子の平均粒子径と濃度を測定する。



LII signal decay of various particle size

Dilution units other than tunnels



Dilution unit for NanoMet

最大150℃ の加熱空気で希釈することにより、揮発性物資、サルフェート、水分等の凝縮により生成するナノ粒子を抑制。



Dilution Unit by “Particulates”

希釈条件 (希釈温度、希釈率等) をコントロールでき、ナノ粒子発生への影響を調査することを目的としている。