



# 超低濃度排ガス連続監視システム(CEMS)の総合ソリューション及び試験測定

P1

在线环境监测技术及系统应用北京市工程实验室

超低濃度排ガスCEMSの総合ソリューション及び試験測定

## 目録

C  
O  
N  
T  
E  
N  
T  
S

1. 概要
2. 試験測定
3. 結論および各モニタリング手法の比較分析

P2

在线环境监测技术及系统应用北京市工程实验室



# 1

## 概要

P3

在线环境监测技术及系统应用北京市工程实验室

## 概要

### 超低濃度排ガスの排出規制値

2014年、国家環境保護部、国家發展改革委員会、国家エネルギー局の3部局が連名で発布した「石炭火力発電の省エネ排出削減の高度化と改良行動計画(2014~2020年)」によると:**2020年までに、現役の石炭火力発電装置の改良後の大気汚染物質排出濃度はガスタービン発電装置の基準を達成する。**

汚染物質項目	排出基準
ダスト	10mg/m <sup>3</sup>
二酸化硫黄	35mg/m <sup>3</sup>
窒素酸化物(NO <sub>2</sub> で計算)	50mg/m <sup>3</sup>

- 分析機器のレンジが若干大きい
- 結露(サンプリング配管など)
- 測定結果に対する試料ガス中の水分の干渉
- 配管による吸着
- 前処理

P4

在线环境监测技术及系统应用北京市工程实验室

## CEMS技術の現状

現在、火力発電業界において、CEMSは現行のHJ/T75-2007、HJ/T76-2007規格に基づいて設置されている。主なモニタリング手法は以下の通りである。

### サンプリング法

◆ 試料ガス吸引採取方式

◆ 試料ガス希釈方式

◆ 直接挿入法

### 分析方法:

◆ 赤外線式(NDIR、GFC、FTIR等)

◆ 紫外線式(紫外線吸収法、差分光吸収法、紫外線蛍光法等)

◆ 化学法(化学発光法)

◆ 分光法

## 主な「超低濃度」排ガスモニタリング手法

◆ 試料ガス吸引採取(冷却—乾燥)方式(前処理の改善)+非分散赤外線吸収分析計

◆ 試料ガス吸引採取(高温—高湿度)法+高温赤外分析計

◆ 試料ガス希釈方式+紫外蛍光(SO<sub>2</sub>)、化学発光(NO<sub>x</sub>)

## 概要: 試料ガス吸引採取(冷却—乾燥)方式+非分散赤外線分析計

この方式は従来のCEMSをベースにさらに改良されたものであり、超低濃度ガス排出の運転モードに一層適合している。主に以下の部分で改良されている。

- ◆ サンプルング部
- ◆ Nafionチューブの浸透による水分除去
- ◆ 快速バイパスの設置
- ◆ レンジの小さいNDIR分析計の使用

P7

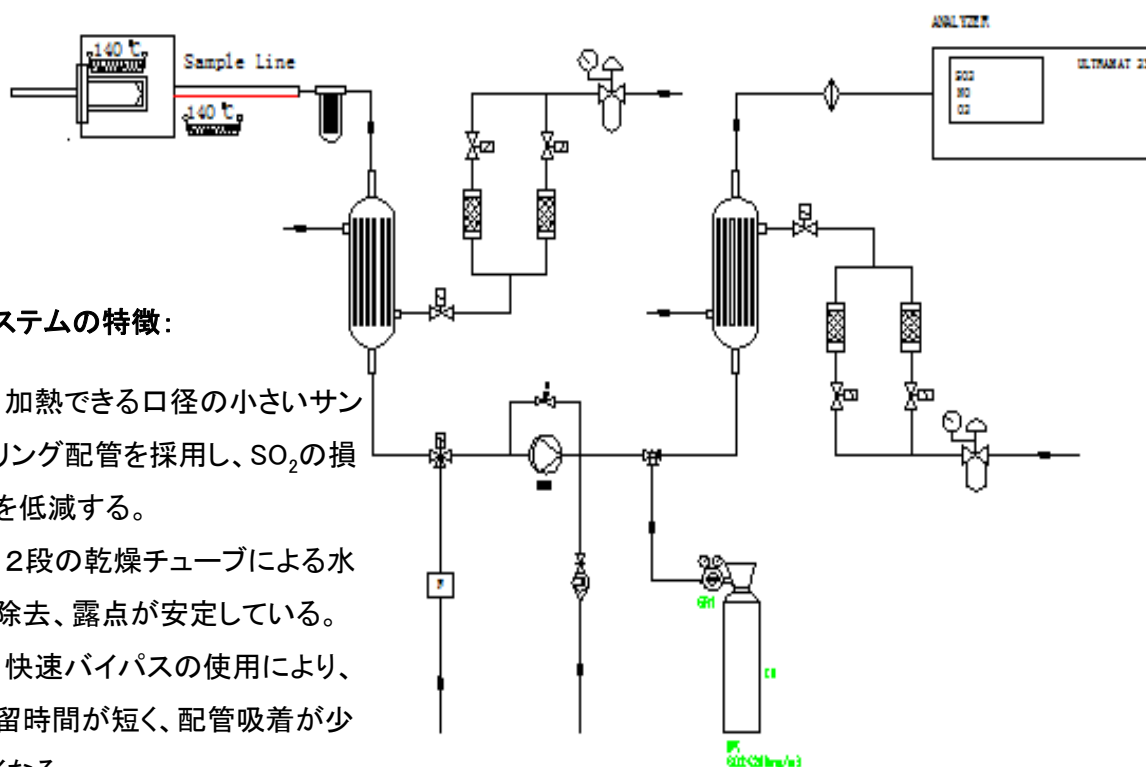
## 在线环境监测技术及系统应用北京市工程实验室

## 概要: 試料ガス吸引採取(冷却—乾燥)方式+非分散赤外線分析計

### システムの特徴:

- ✓ 加熱できる口径の小さいサンプルング配管を採用し、SO<sub>2</sub>の損失を低減する。
- ✓ 2段の乾燥チューブによる水分除去、露点が安定している。
- ✓ 快速バイパスの使用により、滞留時間が短く、配管吸着が少なくなる。

P8



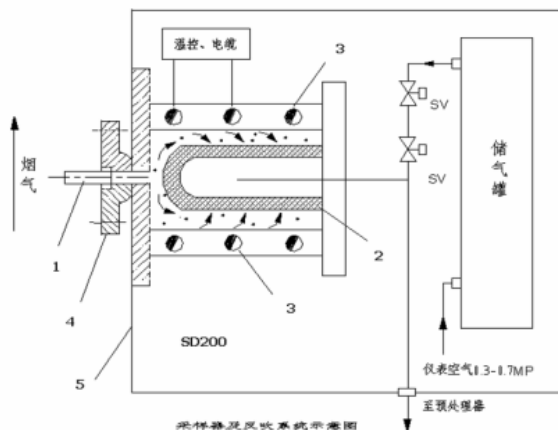
## 在线环境监测技术及系统应用北京市工程实验室

サンプリング加熱導管



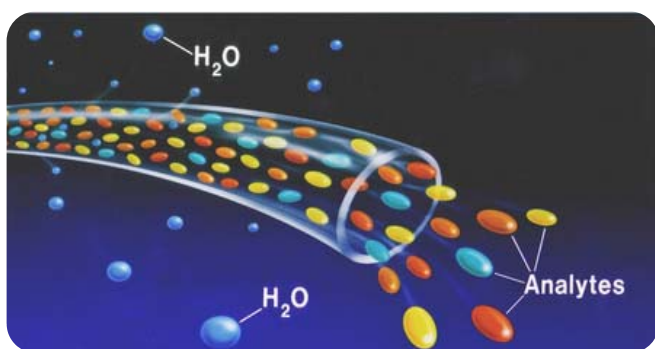
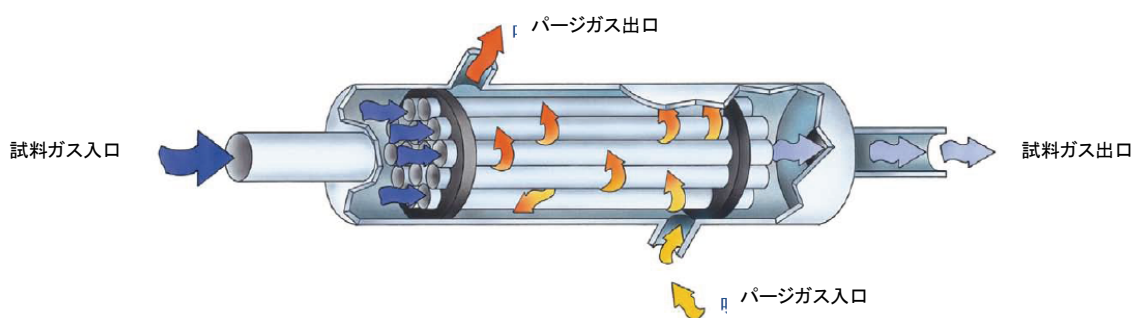
小口径(8mm)でSO<sub>2</sub>吸着低減

二層構造、中には加熱装置が設置されている。  
硫酸ミストの形成を避け、SO<sub>2</sub>損失を低減する。



P9

在线环境监测技术及系统应用北京市工程实验室



- PTFE骨格
- スルホン酸基を有する側鎖
- 高い化学的親水性
- 水蒸気分圧差を利用した水分移転原理

P10

在线环境监测技术及系统应用北京市工程实验室

## 概要: 試料ガス吸引採取(冷却-乾燥)方式+非分散赤外線分析計

✓ 通常の測定範囲:

SO<sub>2</sub>: 0-500/250ppm

NO: 0-200/1000ppm

✓ 超低濃度排ガス測定において選択可能な測定器レンジ:

SO<sub>2</sub>: 0-200mg/m<sup>3</sup>

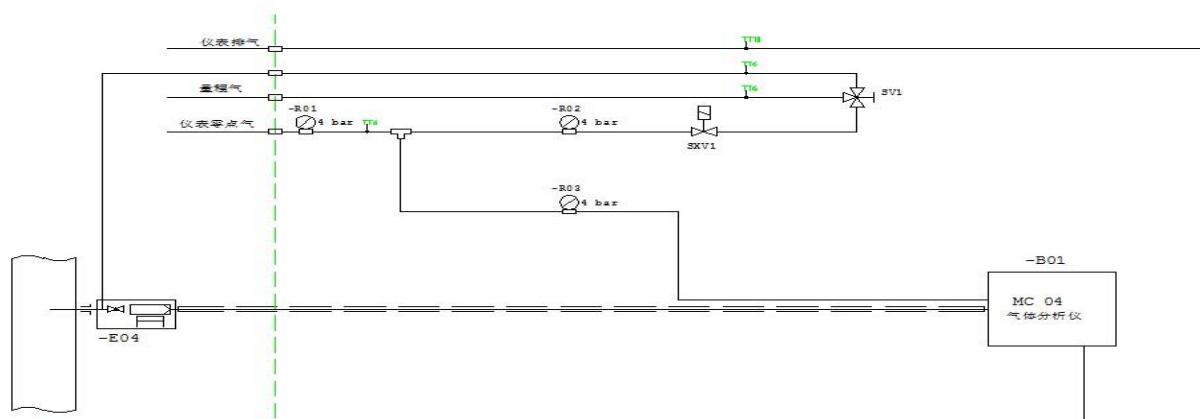
NO: 0-100mg/m<sup>3</sup>

P11

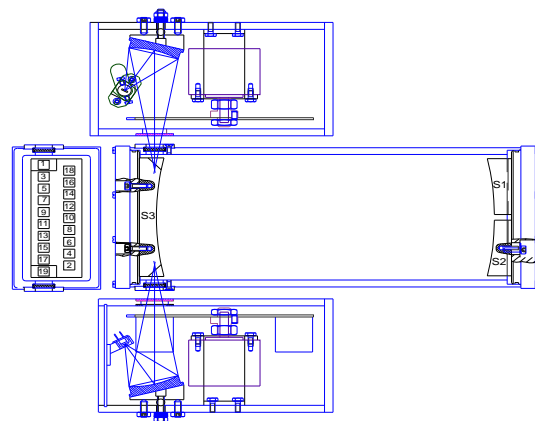
## 在线环境监测技术及系统应用北京市工程实验室

### 概要: 試料ガス吸引採取方式+高温赤外分析計

- ◆ 全過程加熱: ガスのサンプリング、運搬および分析はすべて高温の下で行う。温度は180°C以上にコントロールする。
- ◆ 繰り返し反射し、光路長は6m以上。
- ◆ ハイボリューム吸引ポンプを採用し、配管内での試料の滞留時間を短縮し、吸着を低減する。
- ◆ 高温赤外分析計またはフーリエ変換赤外線式分析計が使用され、測定器のレンジが小さい。
- ◆ 同時に十数種類以上の成分の測定が可能。例えばSO<sub>2</sub>、NO、NO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>O、CO、CO<sub>2</sub>、HCL、HF、H<sub>2</sub>O、NH<sub>3</sub>など。TOCの測定も可能。
- ◆ H<sub>2</sub>O、NO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>Oの直接測定が可能



## 概要: 試料ガス吸引採取方式+高温赤外分析計



工学屈折設計で光路長が6-10mに達しているので、測定器の検出下限値を下げ、低濃度時の測定をより正確にすることができる。

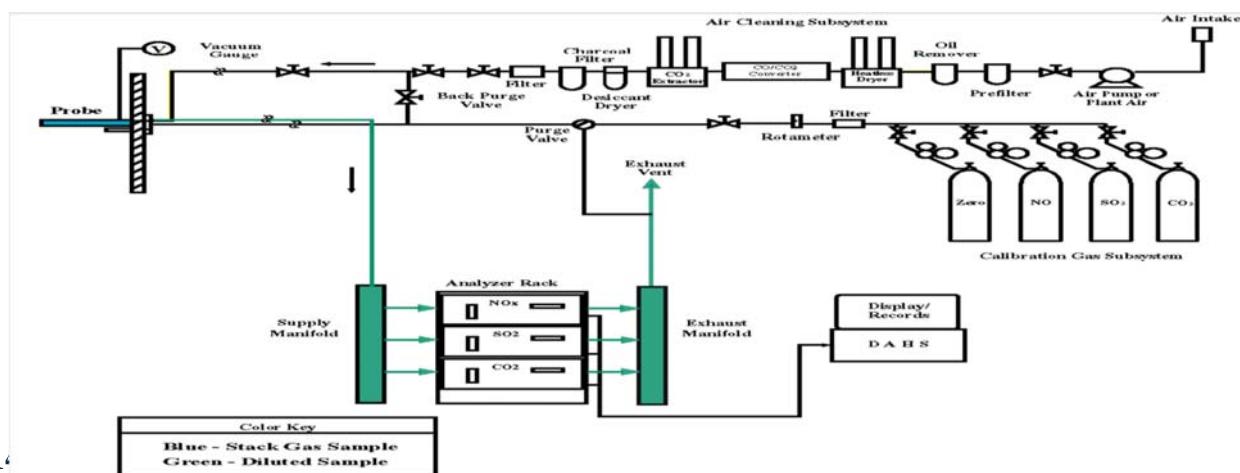
P13

## 在线环境监测技术及系统应用北京市工程实验室

## 概要: 試料ガス希釈方式

### 希釈方式+紫外蛍光(SO<sub>2</sub>)、化学発光(NO<sub>x</sub>)

- ◆ 浄化された希釈用ガスで試料ガスに対して一定の比率で希釈することを通じて、排ガス中の水分含有量、ガス濃度を下げると同時に、試料ガスが水に溶けることを低減する。
- ◆ 通常ppbレベルの分析計をつけているので、測定の精度が高い。
- ◆ システムの構造が複雑(希釈用空気に対する要求が高い。希釈倍率を厳しく制御する必要がある。プローブの詰まり、結露を考慮する必要がある。)



P14



# 2

## 試験測定

P15

在线环境监测技术及系统应用北京市工程实验室

## 試験測定

### 試験の目的

濃度、湿度が異なる標準ガスを使って、異なる測定原理の煙道排ガス分析システムの測定誤差の試験を行う。

### 試験で使用する機器

測定原理	型式	本体機種	本体レンジ
高温赤外法	SCS-900D	MC 04	SO <sub>2</sub> :0-75mg/m <sup>3</sup> NO:0-100mg/m <sup>3</sup>
試料ガス吸引(冷却-乾燥)採取法	SCS-900	ULTRAMAT 23	SO <sub>2</sub> :0-200-1000mg/m <sup>3</sup> NO:0-100-500ppm
試料ガス希釈法	SCS-900X	SO <sub>2</sub> 分析計, MODEL T100 NO <sub>x</sub> 分析計, MODEL T200	SO <sub>2</sub> :0-500ppb; NO:0-500ppb

P16

在线环境监测技术及系统应用北京市工程实验室

# 試験測定

## 使用する装置と標準ガス

ゼロガス	窒素ガス
標準ガス	SO <sub>2</sub> 標準ガス: 98.9ppm、NO標準ガス: 98.8ppm
希釈ガス	3台のMEDEL 2052



ゼロガスと標準ガス



標準ガス発生装置MEDEL 2052

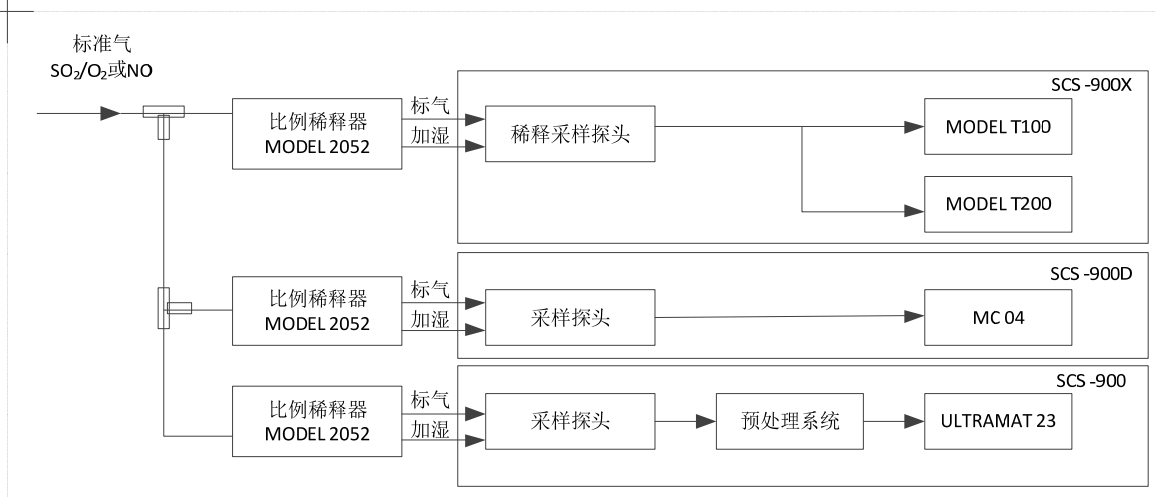
P17

在线环境监测技术及系统应用北京市工程实验室

# 試験測定

## ガス配分図

所定希釈倍率の希釈ガスを得ることができる希釈器を使って、一定濃度のSO<sub>2</sub>、NOでガスと水を混合させ、WETベースの模擬排ガスを作り、異なる測定方法で試験測定を行う。ガス配分は以下の図の通り。



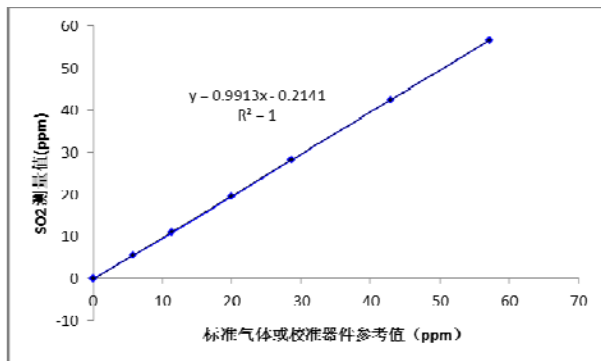
P18

在线环境监测技术及系统应用北京市工程实验室

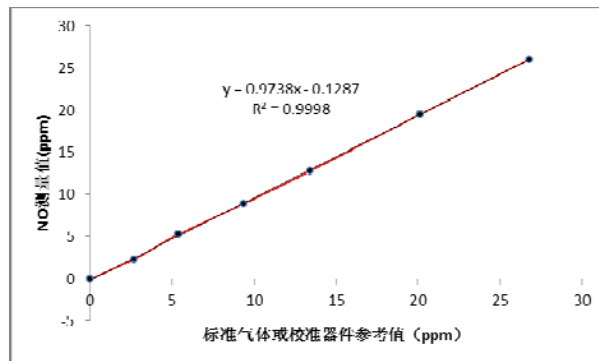
# 試験測定

## 高温赤外CEMSデータ

高温赤外CEMS SCS-900Dシステムによる測定結果は以下の図の通り:



SCS-900D SO<sub>2</sub>測定結果



SCS-900D NO測定結果

P19

## 在线环境监测技术及系统应用北京市工程实验室

# 試験測定

高温赤外CEMS SCS-900Dシステムの異なる湿度の模擬排ガス測定結果は下表のとおりである。

表3(a) SCS-900Dシステムの湿度のSO<sub>2</sub>測定結果に対する影響

SO <sub>2</sub> 参考値 (干基) (mg/m <sup>3</sup> )	加 H <sub>2</sub> O 含量	測量値 (干基) (mg/m <sup>3</sup> )	标准偏差
57.2	0	56.51	0.699
	5%	56.04	
	10%	54.98	
	15%	55.28	
28.6	0	28.11	1.390
	5%	26.82	
	10%	25.11	
	15%	25.38	

表3(b) SCS-900Dシステムの湿度のNO測定結果に対する影響

NO 参考値 (干基) (mg/m <sup>3</sup> )	加 H <sub>2</sub> O 含量	測量値 (干基) (mg/m <sup>3</sup> )	标准偏差
26.8	0	26.03	0.828
	5%	27.51	
	10%	26.17	
	15%	27.55	
13.4	0	12.76	0.888
	5%	14.45	
	10%	12.73	
	15%	14.07	

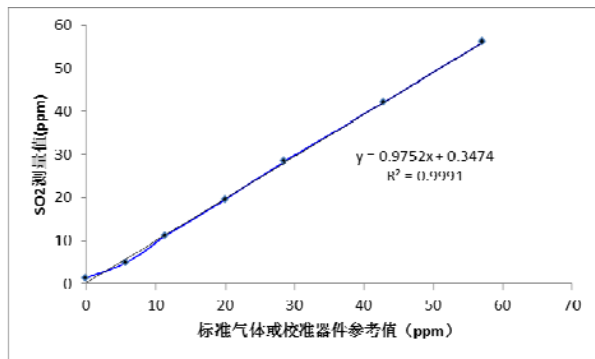
P20

## 在线环境监测技术及系统应用北京市工程实验室

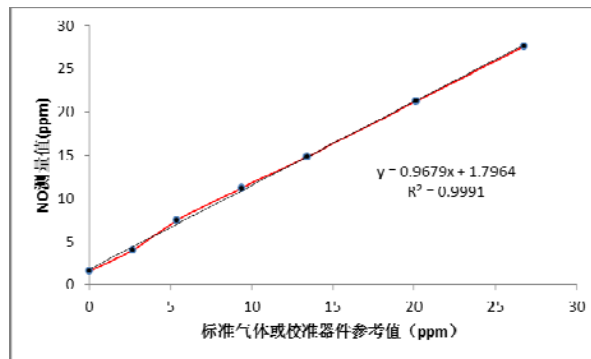
# 試験測定

## 試料ガス吸引(冷却-乾燥)採取方式CEMSデータ

試料ガス吸引(冷却-乾燥)採取方式CEMS SCS-900システムの測定結果は以下の図の通り。



SCS-900 SO<sub>2</sub>測定結果



SCS-900 NO測定結果

P21

## 在线环境监测技术及系统应用北京市工程实验室

# 試験測定

試料ガス吸引(冷却-乾燥)採取方式CEMS SCS-900Dシステムにおける異なる湿度の模擬排ガス測定結果は下表のとおりである。

表 4(a) SCS-900 系統湿度对 SO<sub>2</sub> 测量结果的影响

SO <sub>2</sub> 参考値 (干基) (mg/m <sup>3</sup> )	加 H <sub>2</sub> O 含量	測量値 (干基) (mg/m <sup>3</sup> )	標準偏差
14.3	0	11.8	0.289
	5%	11.7	
	10%	12.1	
	15%	11.4	
28.6	0	26.8	0.705
	5%	25.4	
	10%	25.5	
	15%	25.3	

表 4(b) SCS-900 系統湿度对 NO 测量结果的影响

NO 参考値 (干基) (mg/m <sup>3</sup> )	加 H <sub>2</sub> O 含量	測量値 (干基) (mg/m <sup>3</sup> )	標準偏差
6.7	0	6.8	0.115
	5%	7	
	10%	6.8	
	15%	7	
13.4	0	13.4	0.100
	5%	13.2	
	10%	13.2	
	15%	13.2	

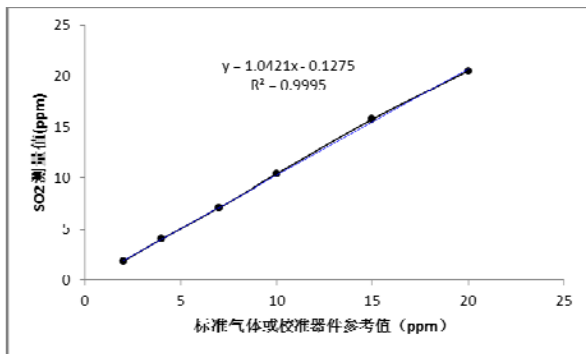
P22

## 在线环境监测技术及系统应用北京市工程实验室

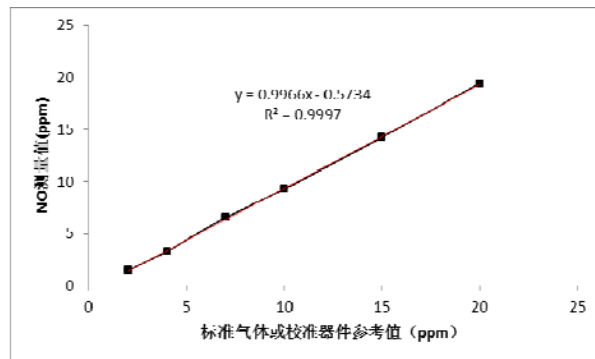
# 試験測定

## 試料ガス希釈方式CEMSデータ

試料ガス希釈方式CEMS SCS-900Xの測定結果は下図の通り。



SCS-900X SO<sub>2</sub>測定結果



SCS-900X NO測定結果

P23

## 在线环境监测技术及系统应用北京市工程实验室

# 試験測定

試料ガス希釈方式CEMS SCS-900Xシステムの異なる湿度の模擬排ガス測定結果は下表のとおりである。

表 2(a) SCS-900X 系統湿度对 SO<sub>2</sub> 測量結果的影响

SO <sub>2</sub> 参考値 (ppm) (干基)	加 H <sub>2</sub> O 含量	測量値 (干基) (ppm)	標準偏差
20	0	20.184	0.086
	5%	20.24	
	10%	20.38	
	15%	20.32	
10	0	9.837	0.142
	5%	10.04	
	10%	10.11	
	15%	10.16	

表 2(b) SCS-900X 系統湿度对 NO 測量結果的影响

NO 参考値(干基)(ppm)	加 H <sub>2</sub> O 浓度	測量値 (干基) (ppm)	標準偏差
20	0	19.923	0.081
	5%	20.05	
	10%	20.11	
	15%	20.07	
10	0	9.546	0.093
	5%	9.71	
	10%	9.75	
	15%	9.73	

P24

## 在线环境监测技术及系统应用北京市工程实验室



# 3

結論および各種モニタリング  
手法の比較分析

P25

在线环境监测技术及系统应用北京市工程实验室

## 結論

### 測定結果のまとめ

表5 測定器型式別の排ガス測定の直線方程式および相関係数

型号	组分	线性方程	相関係数
SCS-900X	SO <sub>2</sub>	$y = 1.0421x - 0.1275$	$R^2 = 0.9995$
	NO	$y = 0.9966x - 0.5734$	$R^2 = 0.9997$
SCS-900D	SO <sub>2</sub>	$y = 0.9913x - 0.2141$	$R^2 = 1$
	NO	$y = 0.9738x - 0.1287$	$R^2 = 0.9998$
SCS-900	SO <sub>2</sub>	$y = 0.9752x + 0.3474$	$R^2 = 0.9991$
	NO	$y = 0.9679x + 1.7964$	$R^2 = 0.9991$

表6 異なる湿度における各装置の測定データの標準偏差

标准偏差	SCS-900X	SCS-900D	SCS-900
SO <sub>2</sub>	0.086	0.699	0.289
	0.142	1.390	0.705
NO	0.081	0.828	0.115
	0.093	0.888	0.100

P26

在线环境监测技术及系统应用北京市工程实验室

# 結論

## 結論:

- ◆ 異なる型式の煙道排ガス分析計の直線方程式および相関係数を比較してみると、**高温赤外法SCS-900Dの測定精度が他の2つより高い。**
- ◆ 異なる湿度において、**試料ガス希釈方式CEMS SCS-900Xと試料ガス吸引(冷却-乾燥)採取方式CEMS SCS-900の測定結果は比較的安定している。**水分含有量を高くした場合、この2つの測定原理に基づいたシステムの測定結果の変動が小さい。
- ◆ 異なる型式の設備の性能を総合的に考慮すると、試験で採用された**3種類の排ガス分析手法にはそれぞれ長所と短所があるが、どちらも超低濃度排ガスのモニタリングに対応することができる。**

P27

在线环境监测技术及系统应用北京市工程实验室

## 超低濃度煙道排ガスのモニタリングにおける3手法の比較

測定方法	長所	短所
試料ガス吸引(冷却-乾燥)採取法	<ul style="list-style-type: none"><li>• 市場占有率が高く、ほとんどの火力発電企業は既存のCEMSをベースに改良することができるので、コストの削減が可能。</li><li>• 技術が成熟し、故障率が低く、使用寿命が長く、価格も手ごろ。</li><li>• Nafionチューブによる水分の浸透除去は試料ガスが水に溶ける問題を解決できる。</li><li>• 乾きガスを直接測定できるので、湿度測定の場合の転換が不要、ゼロガス相当の希釈ガスも不要。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 非分散赤外吸収分析計の検出下限値がやや高い(約1-2mg/m<sup>3</sup>)</li><li>• 紫外線吸収分析計を使用した場合は価格が比較的高い。</li><li>• 水分の影響が大きい。しっかりと補償または処理する必要がある。</li></ul>

P28

在线环境监测技术及系统应用北京市工程实验室

## 超低濃度煙道排ガスのモニタリングにおける3手法の比較

測定方法	長所	短所
試料ガス吸引(高温—高湿度)採取法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高温型分析計の検出下限値が低いため、排出口から排出する多成分の低濃度ガスのモニタリングに適する。</li> <li>・光路長が大きい。光学吸収法で排ガスの湿度を測定するので、精度が高い。湿りガスから乾きガスへの濃度換算する際の誤差が小さい。</li> <li>・サンプリングから測定までの全過程において高温加熱するため、SO<sub>2</sub>等水に溶けやすい、吸着しやすい成分の損失を最小限に抑えることができる。試料はほとんど逸失しない。</li> <li>・ゼロガス相当の希釈ガスが不要。測定成分の範囲拡大が可能(NH<sub>3</sub>,HCL)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・既存の火力発電所ではほとんど利用されていない。この手法を採用した場合、従来のシステム全体を変える必要があり、経済的投入が大きい。</li> <li>・不当に操作した場合、測定器の汚染を起こしやすい。</li> <li>・応答時間が長い。</li> </ul>

P29

在线环境监测技术及系统应用北京市工程实验室

## 超低濃度煙道排ガスのモニタリングにおける3手法の比較

測定方法	長所	短所
試料ガス希釈法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・分析計の測定精度が高い。通常はPPbレベル。</li> <li>・希釈採取法は超低濃度排ガスの測定に利用された場合、ダスト含有量が低い場合でも、詰まりが発生しにくい。</li> <li>・加熱配管が不要。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・WETベースのガスの測定。通常、容量分析法で湿度を測定するので、誤差が大きく、湿りガスから乾きガスへの濃度換算値に影響する。</li> <li>・数種類の機器の組み合わせであり、希釈ガスの浄化など構造が複雑</li> <li>・既存企業での利用が少なく、一時投資のコストが高い。</li> <li>・紫外線光源の寿命が短い。通常は1年。</li> <li>・維持管理コストが高く、専門業者によるメンテナンスが必要。</li> <li>・多成分測定 of 機器がない。</li> </ul>

P30

在线环境监测技术及系统应用北京市工程实验室