

環境改善・低炭素社会実現に貢献する計測技術

HORIBA's Superior Techniques of Environmental Measurement
Contribute to Creating a Low-Carbon Society

井ノ上 哲志

Satoshi INOUE

ここ数年で世界のエネルギーの潮流が劇的に変化している。中東・南米などからの化石燃料に頼るエネルギー供給形態が変化すると共に、エネルギーの大量消費地や消費形態が大きく変わってきている。本稿ではそのエネルギーの流れの変化や、そこにおける課題を述べると共に、そこで求められる計測技術について述べる。

In recent years, we are facing a turning point in energy supply. Historically, the energy-supply structure of the world has been based on fossil fuel from the Middle East and South America. Consumption of alternative energy is expanding to mass consumption regions and is dramatically changing the utilization profile. This report addresses the current situation and issues of the energy-supply structure. HORIBA's measurement technologies are introduced for the energy-producing suppliers.

はじめに：エネルギー事情

東日本大震災や北米のシェール革命以降、世界のエネルギーの潮流が大きく変化し続けている。ドイツは脱原発を推し進め、世界各地で再生可能エネルギーと火力発電によるエネルギー供給が伸びた。震災直後は発電設備の立ち上げが比較的早いガスタービン発電の建設が大きく伸びたが、その後、原料コストが安い石炭火力発電にシフトする動きが見られた。しかし、パリ協定により温暖化ガスの排出が多い石炭火力への逆風が強まったことにより再生可能エネルギーが増えたことで、火力発電は調整電源としての役割が強くと求められるようになり、火力発電は負荷変動運転されることが増えるようになった。定常運転では高効率運転できる石炭火力発電も、負荷変動されると高効率を維持するの

が難しくなり、環境対策にかかるコストも合わせると、石炭火力のコストメリットが薄れてきたように見える。

Figure 1は各国のGDPの推移だが、世界一を誇った米国のGDPはあと数年でそのトップの座を中国に譲ることになり、約10年遅れでインドが中国の後を追いかけるような形になることが見込まれている。中国ではGDPの増加と共にエネルギーが消費されることになったが、それに伴い環境悪化が大きな問題となった。中国政府は数々の対策を打っているが、例えば日本ではゆっくりと進んでいる電気自動車の導入も、中国においては政府や自治体主導で一気に進んでいるケースがあ

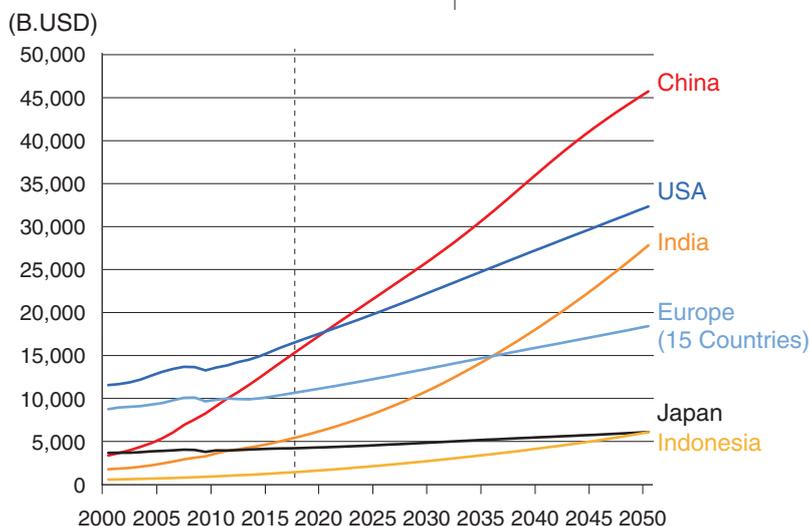


Figure 1 主要国のGDP推移
データ：OECD Data, GDP long-term forecastより

る。香港に近い中国の大都市である深圳では市内を走る約16,000台の公共のバスは全て電動化されており、タクシーも電動化が推進されている。また、バッテリーの性能が上がることで、再生可能エネルギーが抱えている課題である発電量の不安定な状況を解決できるようにもなってきている。

温暖化ガス対策

パリ協定においては、各国それぞれ異なる温暖化ガス削減目標が決められている。米国の離脱という課題はあるものの、各国は温暖化ガス削減に向けて動いている。この状況の中、自国で資源をまかなうことができない国々では化石燃料に頼る比率をできるだけ抑え、中東などの資源産出国の支配から脱却しようと考えている国も多いようである。各国はパリ協定を批准するためにあらゆる局面から手を打っており、その1つである炭素税は使用される化石燃料の炭素含有量に応じて課税される仕組みで、北欧では早くから実績を出している。また、化石燃料の燃焼によって生まれた炭酸ガスを大気中に放出させず、地中に保存する技術開発も進められている。しかしながら日本では二酸化炭素を貯蔵する場所の確保が難しく、日本で広がりを見せるのはまだ時間を要すると思われる。一方、拡大傾向にある再生可能エネルギーは、“原料調達がしやすい”・“土地が安い”・“天候に恵まれている”などの良い条件のところでは化石燃料を使った火力発電のコストを下まわるケースも出ている。しかしながら、日本では風力発電や太陽光発電に適した場所が限定的で効果を出しにくいこと、バイオマスでは原料の調達が困難という課題があり、再生可能エネルギーが劇的に増加するという状況ではない。

環境改善・低炭素社会実現に貢献する計測技術

火力発電所で環境に関わる計測には、燃焼管理のための計測、排ガス処理プロセス制御のための計測、排ガス規制用計測、水質計測などがある。その中で重要な役目を果たす重要な分析計はCEMS (Continuous Emission Monitoring System) とよばれる排ガス監視を行う分析システムである。このCEMSが正しく稼働していないと、火力発電所の運転を止めなければならない事態となりうる。このため、故障やメンテナンスによる欠測時間をできる限り短縮すること、測定データが公的に使えることが重要になる。また、今後はデータの改ざんを防止する仕組み、あるいは改ざんがあった場合、その経歴が残るような機能が重要になってくるものと考えられる。

火力発電所や廃棄物焼却施設などの固定発生源の排ガス計測に対する規制には、欧州ではEUガイドラインが、米国ではEPAガイドラインが用いられ、日本、韓国、中国などでは独自の規制が運用されている。その他の国々では、概ねEUを参考にする国々と米国のEPAを参考にする国々とに二分される。ドキュメントの多くが日本語であるということもあってか、日本方式を参考にしている国は多くはない。

CEMSの稼働後の認証基準は各国によって違いがある。中国では、計器認証は中国計量法、現場認証(引渡時)はMEP認証^{*1}を行っている。現場に持ち込んで計測する事例としてポータブルガス分析計を使ったものがあり、HORIBAのポータブルガス分析計「PG-300シリーズ」は、日本／韓国／中国の計量法および欧州のEN Standardの認証を受けており、欧州では使用過程のCEMSの測定値が正しいかを証明するための認証機として広く使用されている。

*1 : MEP : Ministry of Ecology and Environment

Table 1 各国における水銀計測規格

	規格	計測方法
日本	JIS K 0222	湿式吸収-還元酸化原子吸光分析法 金アマルガム捕集-加熱酸化原子吸光分析法 連続測定法
米国	EPA Method 29	溶液吸収法
	EPA Method 30A	連続測定法
	EPA Method 30B	ソーベントトラップ法
	Ps12A	ガス状水銀の連続測定方法
	Ps12B	30Bを用いた短期モニタリング
	ASTM Method D 6784 (Ontario Hydro method)	溶液吸収法(水銀の形態別測定)
欧州	CEN EN 13211	溶液吸収法
	CEN EN 14884	連続測定法

Table 2 レーザガス計測関連技術

レーザー(光源)の種類	波長域	測定対象
LD(Laser Diode)	0.8~3 μm	NH ₃ , HCL, O ₂
DFG(Differential Frequency Generation)	3~5 μm	炭化水素
QCL(Quantum Cascade Laser)	4~20 μm	NO, SO ₂ , CO, CO ₂

演算法	特徴
Direct法	測定ガス条件の変動に強い計測
WMS(Wavelength Modulation Spectroscopy)法	レーザー変調を用いた高感度計測
CRDS(Cavity Ring-Down Spectroscopy)法	共振型セルを用いた高感度計測

ガス測定方式	特徴
直挿法(Cross Stack方式, Probe方式)	ノンサンプリング計測が可能
抽出法(多重反射セル)	多成分の同時計測, 高感度計測が可能



Figure 2 HORIBA TX-100

水銀計測要求の高まり(水俣条約)

水銀に健康・環境被害を防ぐために水銀に関する水俣条約が2013年10月17日にUNEP(United Nations Environment Programme)で採択された。水銀一次採掘の禁止, 貿易・水銀添加製品や製造工程, 大気への排出, 水銀廃棄物が規制の対象となった。各国の計測規格では, Table 1に示す計測手法が定められている。

レーザーを使った計測

環境負荷低減, 低炭素化を推し進めるために, 火力発電などの化石燃料が使われるプラントではこれまで以上の高効率運転が求められるようになってきている。これまで主流だった測定対象ガスを分析計までサンプリングして測定する手法ではなく, ノンサンプリング(*In situ*)計測が使われることも増えてきた。これに採用され始めているのが, レーザを使った計測である。徳島大学と電力中央研究所の共同研究では, CT-TDALS(Computer Tomography -Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy)を用いたリアルタイム2次元温度・濃度分布計測が行われており, 燃焼炉の高効率制御に活用されようとしている。また, HORIBAでは直挿型レーザーガス分析計「TX-100」(Figure 2)を製品化している。Table 2にレーザーガス計測の

レーザー(光源)の種類, 演算法, ガス測定方式について整理した。量子カスケードレーザー(QCL)を用いたガス分析では, QCLの発信波長域は中赤外域で, この帯域は多くのガス種で強い吸収があるため, 高感度測定の目的で使われることが多い。

一方, 固定発生源そのものに使用される測定機器ではなく, 大気環境を測定するための大気汚染常時監視局「AQMS^{*2}」がある。日本国内では約1600箇所のAQMSが設置されており, 日本国内の大気の状態を常時監視している。また, このAQMSは日本だけでなく世界各地に数多く設置されており, 国によっては, 本格的なAQMSとは別に, 性能が劣るが, 安価で小型の大気監視装置を設置し, 大気の状態をさらに詳細に監視している国もある。HORIBAが滋賀県に持つびわこ工場には, このAQMSが設置され, PM2.5計やSPM計, 一酸化炭素, 窒素酸化物を測定する大気汚染監視用微量ガス分析装置と, PM2.5自動成分分析装置「PX-375」とを組み合わせたAQMSを敷地内に設置している。日々測定, 分析することで, 新技術の研究だけでなく, 大気汚染の原因解明や防止対策の研究を行っている。

*2: AQMS(Air Quality Monitoring Station): 風向風速を含む気象データや大気中の二酸化硫黄, 粒子状物質, 窒素酸化物, 一酸化炭素, オゾンなどの濃度を1年間通じて連続で計測できる自動測定機を設置した施設

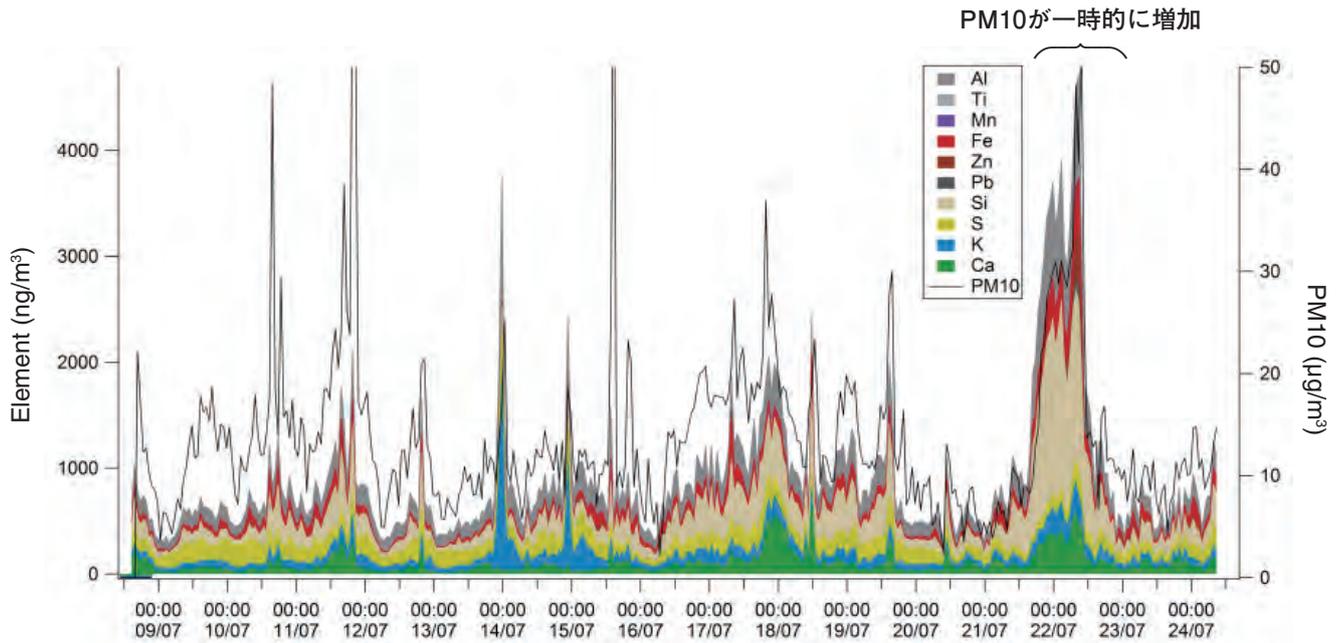


Figure 3 PM10質量・成分計測データ例(欧州)

発生源の推定

PM2.5自動成分分析装置「PX-375」では、β線吸収法と蛍光X線法を組み合わせ、PM2.5の質量と無機成分を計測することでPM2.5の発生源を推定することができる。Figure 3に示す事例では、PM10^{*3}が一時的に増加した様子を示しており、その成分分析の結果から20km離れたところでリサイクル工場の火災が原因でPM10が増加したことが確認できた。

*3：PX-375は、PM2.5以外にTSP, PM10, PM1も測定可能

おわりに

計測に求められていることをまとめると①各国・地域で規定されている公定法に従った計測法であること、②長期安定性を有していること、③故障やメンテナンスによる欠測時間が短いこと、そして、今後は④データの改ざんが防げること、あるいは改ざんがあってもその経歴が残ることが求められる。

最後に、「環境改善・低炭素社会実現に貢献する計測技術」として我々が目指していることをあげる。

- 設置環境を選ばず、様々な場所で使用ができる。
- 使用者のスキルに関わらず、誰にでも簡便に使える。
- 測定値に高い信頼性がある。
- 測定値の応答速度が早く、測定対象物の状態を正しく伝える。



井ノ上 哲志

Satoshi INOUE

株式会社 堀場製作所 第1 製品開発センター
副センター長
Deputy General Manager
Product R&D Center 1
HORIBA, Ltd.