

环境监测技术的现状及发展趋势

石田耕三 (日本环境技术协会)

摘 要: 根据日本环境质量标准发展的需求, 结合欧洲新近实施的相关环境标准, 分析了环境监测技术需求和发展方向。

关键词: 标准; 环境监测; 发展方向

中图分类号: X830

文献标识码: A

文章编号: 1002-6002(2005)01-0004-04

The present status and development trends of environmental monitoring

Kozo Ishida (Japan Environmental Technology Association)

Abstract: According to the development of environmental standards in Japan and new related environmental regulations in Europe, the development needs and trends for environmental monitoring technology were critically reviewed in this paper.

Key words: standards; environmental monitoring; development trends

1 前言

与我们生活环境有关的环境法规, 正在向多方面、多对象物质方面扩展, 各方面的限值和将来所要达到的目标更加严格。大气方面, 现在执行的法规有环境空气中的有害物质、做为固定排放源的工厂烟道气、移动发生源汽车和船舶等的排气。水质方面, 控制对象有河流、湖泊等供水水源、供水、海域、作为发生源的工厂排水、生活污水等。近年来, 随着土壤污染的加剧, 对土壤污染物质的限制已从原来的重金属扩展至 VOCs、POPs (如二噁英类等)、环境荷尔蒙以及农药等。

最近, 源于欧洲的 WEEE 和 RoHS 规定, 即与有害物质处理、在电器电子设备中有害物质的使用限制有关的发展动向最为瞩目。除此之外, 对道路交通噪声、工厂和一般居民区厂界/边界噪声等的限制标准也在制定中。

2 相关标准

2.1 与大气有关的标准

日本的大气环境标准如表 1 所示。所对应的各限制项目的环境标准是以时间均值来确定的, 实际上采用的是在标准方法中规定的实时监测方法。在日本, 由于面向国际化的原因, 近年来针对各种不同的监测对象, 分析方法已从化学分析转

向基于物理学原理的连续监测分析方法。虽然正设置课题对监测仪器的维护保养和精密度管理的校正及其费用方面进行研究, 将来要求的是更加经济、可靠的监测系统。最近, 在大气中有害物质的限制中, 以极低浓度的苯等为起点的, 采用以 GC-MSS 为中心的科学分析仪器以连续获得 VOCs 分析数据的自动监测系统和专用的 BTX 分析仪等的开发技术的评价正在进行。

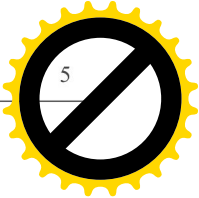
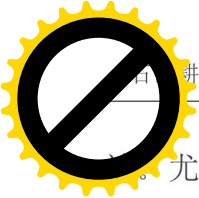
2.2 与水质有关的标准

日本的一般水质的环境标准如表 2 所示。最近, 正要求增加更多的水质管理项目。虽然有一部分项目可在河流和湖泊上实施连续监测, 但更经常的是将所采集的样品送至实验室后, 由专门的技术人员采用 GC、GC-MSS、HPLC、ICP-MS 等实验室用的价格昂贵、精度很高的科学分析仪器对微量污染物质进行分析。不仅如此, 从费用方面以及实时性方面考虑, 也尚有许多课题有待解决。在日本, 目前这些监测分析工作是由地方公共团体的环境相关机构和民间分析中心承担的。

2.3 与土壤有关的标准

日本的土壤浸出液环境标准如表 3 所示。控制项目与水质几乎相同, 只是标准值不同而已。

虽然土壤环境的监测分析方法与水质相同, 但是与土壤有关的采样技术仍是要解决的课题, 并且现在正在研究可以获得良好精度的更好的方



尤其是近 10 年间,由于二噁英类物质的样品处理而导致分析结果的变化已成为重大的问题。因此制定从采样开始、包含样品处理在内的统一的分析流程,以使各分析中心获得可比的结果也是非常重要的因素。

表 1 大气环境标准和监测方法(连续监测项目)

项目	环境标准	标准监测方法	JIS 标准号
SO ₂	0.04 ppm(日均值)	*紫外荧光法	B7952
	0.1 ppm(小时均值)	*电导率法	
CO	10 ppm(日均值)	*非分散红外法	B7951
	20 ppm(8 h 均值)		
SPM	0.10 mg/m ³ (日均值)	*质量浓度测定法	B7954
	0.20 mg/m ³ (小时均值)	*β 射线法等	
NO ₂	0.04 ~0.06 ppm	*化学发光法	B7953
	(日均值)	*Saltzman 法	
OX	0.06 ppm	*紫外吸收法	B7957
	(小时均值)	*吸收光度法(KI 法)等	

表 2 水质环境标准(与人体健康相关的项目)

项 目	标准值(mg/L)
钙	<0.01
总氰化物	不得检出
铅	<0.01
六价铬	<0.05
砷	<0.01
总汞	<0.005
烷基汞	不得检出
PCBs	不得检出
二氯甲烷	<0.02
四氯化碳	<0.002
1,2-二氯甲烷	<0.004
1,1-二氯乙烯	<0.02
顺-1,2-二氯乙烯	<0.04

表 3 土壤污染环境标准(浸出液)

项 目	浸出液标准限值(mg/L)
镉	<0.01, 且农业用地<1 mg/kg
总氰化物	不得检出
有机磷(磷)	不得检出
铅	<0.01
六价铬	<0.05
砷	<0.01, 且农业用地(仅限于农田)<15mg/kg
总汞	<0.0005
烷基汞	不得检出
PCBs	不得检出

2.4 家用汽油车排气限制的变迁

家用汽油车(轿车)排气的限制(允许排放量)变化如下:

1973 年, CO: 18.4 g/km, HC: 2.34 g/km, NOx: 2.34 g/km;

1978 年, CO: 2.10 g/km, HC: 0.25 g/km, NOx: 0.25 g/km;

2000 年, CO: 0.67 g/km, HC: 0.08 g/km, NOx: 0.08 g/km;

2005 年(新的长期规划目标), CO: 1.15 g/km, NMHC: 0.05 g/km, NOx: 0.05 g/km。

从以上变化可以看出,日本从 1973 年开始对家用汽油车排气实施控制以来,各控制项目的限值均越来越严。与真正开始严格控制的 80 年代的限值相比,新的长期规划要求更加严格,CO 需降低 1/2, THC 和 NOx 均需降低 1/5。美国加利福尼亚的 SULEV 地区甚至要求从汽车尾部排气管中排出气体的浓度水平要比大气环境的浓度水平更低,即工作中的汽车本身就是一台大气净化装置在工作。另一方面,汽车排气的检测方法,以前采用的是 CVSA 法(定体积采样法),为了提高精度,需要配套稀释空气用的净化等装置,系统的造价非常高,不能说是一种经济的方法。近年来开发出来的并被美国 EPA 引入的 BMD (Bag Mini Dilute)法,是对排气部分进行采样,再以小体积罐中的氮气稀释后进行检测分析的一种方法。在排气检测领域,可以说检测技术正日新月异地向前发展。

2.5 卡车内燃机排气限制的变迁

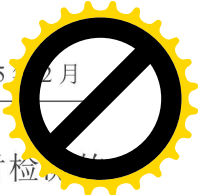
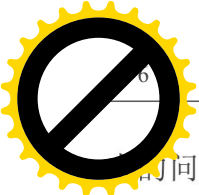
对于柴油车,特别是重型车(卡车)排气的限制较晚,但发展很快。特别是对于颗粒物(PM),与 90 年相比,其限值已降低了 1/10。柴油车排气限值(允许排放量)的变化如下:

1999 年, CO: 7.40 g/kWh, HC: 2.90 g/kWh, NOx: 4.50 g/kWh, PM: 0.25 g/kWh;

2003 年, CO: 2.22 g/kWh, HC: 0.87 g/kWh, NOx: 3.38 g/kWh, PM: 0.18 g/kWh;

2005 年(新的长期规划目标), CO: 2.22 g/kWh, NMHC: 0.17 g/kWh, NOx: 2.00 g/kWh, PM: 0.027 g/kWh。

PM 限制从 2003 年开始在大城市实施以来,根据要求安装 PFT 的工作在东京已取得很大成效,已明显感到大气环境质量的改善。另一方面,伴随严格控制 PM 工作导致排放量迅速下降而带



测问题是以往的 PM 测定方法(膜重量法)已不适用。近年来开发的膜燃烧法可以使灵敏度提高 100 倍,有望解决 PM 的测定问题。今后,可能会对不同粒径的粒子数量加以限制,目前国际上正在进行这方面的研究。

2.6 WEEE/RoHS 限制

最近,欧洲制定的 WEEE/RoHS 限制规定引起了广泛关注。WEEE (Waste Electrical and Electric Equipment)源于 EC175 条“关于推进电器回收再利用的指令”,RoHS (Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electric equipment)则源于 EC95 条“关于禁止在电器中使用含有铅、汞、镉、六价铬、PBB、PBDE 等 6 种物质的指令”,RoHS 禁止使用物质的限值是在指令制定完成后,通过召集由各国专家参加的技术适用特别委员会(TAC)的会议,在 EC 国内法规制定前确定的。

关于 WEEE/RoHS 限制,特别是 RoHS 限制,毫不夸张地说,将对所有的产业从横向和纵向诸多方面产生影响。电器设备、汽车、电器产品等制造商自不待言,就是分析检测仪器设备制造商也将被卷入这项限制的框架之中。对规定项目的监测分析将用到 ICP、GC-MS 以及样品处理等仪器设备,需要花费大量的费用和分析时间。但是,最近引人关注的是已开发的能简易筛查并能定量的小型 XRF(X 射线荧光分析)法,可以非破坏性地分析部分限制项目。

3 环境监测技术的展望

3.1 环境监测需求

以上对迄今为止的有关环境标准和近期变化趋势,以及向监测技术领域提出的新的课题进行了概括性的综述。从简单整理的这些内容看,现在的状况无论是对于排放单位,还是监视监管部门,最基本的要求是基于法律规定的项目开展监测工作。另外,对于最近的测定项目扩展以及项目极低浓度化,可以说采用以往的分析仪器是可以满足要求的。但是,从将来的标准会进一步严格方面考虑,仅采用以往的技术会导致经济负担加重,如分析费用、精度管理、人才培养等。

一方面,对于各产业、各企业来说,它们不仅要通过维持自身产品的质量以提高竞争力和高附加值,而且还要满足进一步加强弹性自主管理所需要的检测。另一方面,对于个人来说,为维护自

身健康的自主管理和民间 NPO 等组织对检测的需求也将会增多。

面对这些新动向,对迄今为止的检测技术实施技术革新可谓势所必然。对于法规要求的监测,针对同时进行多组分分析、高灵敏度、高精度的需求,以尖端分析技术为基础、采用物理学原理的先进仪器分析将成为未来的主导方向。对于企业、个人等方面要求的监测,针对连续监测、多点位监测等需求,进行替代成分检测和简易检测分析将是未来的发展方向。

3.2 面向未来的监测技术需求

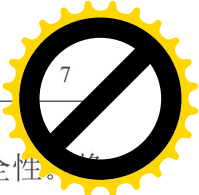
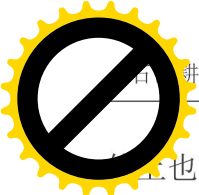
由于测定对象的扩大和检测浓度的超低化,对环境监测仪器分析和化学分析仪器的性能指标提出了挑战,再加上操作使用技术的提高增加了获得合格分析技术人员的难度,导致分析全过程的分析费用升高、操作难度加大。为了解决这些问题,采用将操作较简单、费用较低的简易测定技术如生物传感器和气体传感器等,与以往的高精度分析仪器和方法相结合的新概念(新思路),构建相互补充的具有新的意义的环境监测系统将是未来的发展方向。

3.2.1 生物传感器

(1)采用基因生化酶活性测定为原理的传感器。该类传感器采用选择性的基因片段和生化酶蛋白,目标化合物经与受体(如 Ah-R)选择性地结合,并作为受体细胞核内的助催化剂发生作用,生成标记的酶蛋白(mRNA)。将细胞核内生成的物质提取出来后,可用生化发光等方法加以测定(细胞萃取液的生化酶活性)。该传感器可用于测定二噁英类等物质。

(2)采用生化酶联免疫测定方法(ELISA: Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay)的生物传感器。该种传感器可以测定多种多样的有害化学物质。使用该类传感器时,首先要针对目标化合物合成半抗原后,生成固体(抗体的固定化);将固定了该抗体的传感器的前端添加样品和标记抗体后发生竞争反应;经清洗除去未结合的酶;通过发光试剂予以定量(显色反应)。目前,该方法可用于测定微量的残留农药、PCBs、二噁英类、环境荷尔蒙等。

(3)CCD 生物传感器。属于超高灵敏度的生物传感器。采用 MEMS (Micro Electro Mechanical System)技术、纳米(Nano)技术,基于金属氧化物半导体场效应转换器(MOSEFET)原理的 CCD 半导



也可以固定这些抗体,并可直接转换成电信号,并且仅需简单的样品处理,就可使之成为适于测定的状态。目前,该类传感器可用于测定环境荷尔蒙、残留农药、二噁英类、PCBs、pH、离子、有害细菌、体液等。

3.2.2 气体传感器

在半导体气体传感器的技术领域,一直在开发高灵敏度、多参数的传感器,以及相互干扰少的传感器。检测参数有异丙烷、乙醇、NO、NO₂、CO、AsH₃、O₃等。就特定物质的分析,目前已经开发出与以往仪器分析性能相近,但费用更低的传感器。如臭氧传感器的测定浓度已达 0.01 ppm 水平,其尺寸仅为 $\phi 17.0\text{ mm} \times 16.5\text{ mm}$,电路和加热电压为 $(5 \pm 4\%)VDC$,电路和加热功耗仅分别为 1 mW 以下和 360 mW。

3.2.3 传感技术与全方位信息网络

21 世纪的环境监测,在被称为“Ubiquitous”(何时、何地、谁都)社会中,利用在纳米技术、生物技术等新技术领域中的 MEMS 开发技术制造的器件,并建立在传感器与通信网络相结合的系统概念下的、崭新的全方位信息网络将占有一席之地。即按不同的用途选用不同的传感器实施实时监控,并通过标准化的无线网络传输收集信息,经处理后即可向国民发布大范围的环境信息或其他有关信息(可以构建各种各样的传感信息网络!)。如此,通过综合解析众多网络化的数据,可以确保

可持续生产和消费过程中的有效性和安全性。换言之,通过建立“Ubiquitous”传感网络系统,21 世纪的人们将能实时认识其生存现状和其所处的周围环境现状,有利于构筑一个最优化、生产和业务效率更高、更安全的良好社会,可实现环境保护、能源、粮食、食品等可持续发展的社会。在这种社会中,每个人的生活将更加舒适、自由、安全、放心和丰富多彩。

可以说,到处、各领域都存在传感信息网络,如①防灾和灾害应急响应,如对自然环境和住宅灾害进行自动监视、警报等;或者对消防、救助活动实施救援、选择避难线路指导等。②安全保障,使生活更加安全、放心等。③饮食业和农业,如选择最优化的生长环境、提供最佳生产过程等。④环境保护,如环境监测、气象观测、温室气体观测、产业废弃物的分布、垃圾焚烧的温度监控、能源供给的最优化等。⑤医疗、福利。⑥设施控制,如家庭、办公室、工厂等。⑦办公、业务。⑧交通,如交通控制(解决堵塞、环境改善、减少事故、应急车辆的优化)和车场信息的提供等。⑨构筑物管理。⑩物流、销售。⑪信息家电,如家电的远距离操作等。⑫教育、学习。其中,环境保护领域的各类传感信息网络均是未来的重点发展方向。

注:此文由李国刚博士和张颖博士根据(社)日本环境技术协会会长石田耕三博士(Dr. Kozo Ishida)于 2004 年 9 月 3 日在第 7 届全国环境监测技术学术交流会暨首届中日环境监测技术研讨会上所做的演讲稿内容编译而成,在此发表以供业内人士共鉴。

作者须知

为适应我国信息化建设,扩充本刊与作者知识、信息交流渠道,本刊已被 CNKI 中国期刊全文数据库和万方数据—数字化期刊群收录,其作者文章著作权使用费与本刊稿酬合计一次性给付。如作者不同意文章被收录,请在来稿时声明,本刊将做适当处理。

本刊编辑部