

DONG YA DI QU SUAN CHEN JIANG JIAN CE JI SHU ZHI NAN

东亚地区酸沉降监测网中国分中心 编译

东亚地区酸沉降监测 技术指南

中国环境科学出版社

东亚地区酸沉降监测技术指南

东亚地区酸沉降监测网中国分中心 编译

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

东亚地区酸沉降监测技术指南 / 东亚地区酸沉降监测网中国分中心编译.
—北京: 中国环境科学出版社, 2002.3

ISBN 7-80163-286-9

I. 东… II. 东… III. 酸雨—环境监测—东亚—指南 IV. X831-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 017750 号

出 版 中国环境科学出版社出版发行
(100036 北京海淀区普惠南里 14 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子信箱: cesp@public.east.cn.net

印 刷 北京联华印刷厂

经 销 各地新华书店经售

版 次 2002 年 3 月第一版 2002 年 3 月第一次印刷

印 数 1—5,000

开 本 787×1092 1/16

印 张 20

字 数 500 千字

定 价 38.00 元

编译者的话

《东亚地区酸沉降监测技术指南》正式文本为英文，经过东亚地区酸沉降监测网第二次科技顾问组临时会议讨论通过。东亚地区酸沉降监测网中国分中心于 2001 年正式运行，为了更好地完成中国网的工作，中国分中心编译了东亚地区酸沉降技术指南，共分六部分。本书若能对我国酸沉降及其对土壤和植被影响的监测方面有所助益，并能推动东亚地区酸沉降监测网中国分中心的工作，我们即感到欣慰。

本书编译出版得到了日本 JICA 专家原口清史先生、小柳秀明先生、铃木启史先生、掘井一雄先生及东亚地区酸沉降网的铃木克德先生、李虎先生的支持和帮助，在此对他们表示诚挚的感谢！

第一篇 吴国平译 丁中元校

第二篇 吴国平译 丁中元校

第三篇 张 欣译 丁中元校

第四篇 吴国平译 丁中元校

第五篇 张 欣译 王瑞斌校

第六篇 吴国平译 王瑞斌校

但是由于我们在酸雨监测、土壤和植被监测方面的知识经验的不足，并受英语水平所限，书中恐有不当之处，恳请广大读者批评指正。

编译者

2002 年 3 月

目 录

第一篇 酸沉降监测技术指南

1

第二篇 湿沉降监测技术

21

第三篇 湿沉降监测的质量保证/质量控制 (QA/QC)

65

第四篇 内陆水监测技术

93

第五篇 土壤和植被监测技术

147

第六篇 酸沉降监测数据报告程序和格式

261

第一篇 酸沉降监测技术指南

1 引言	3
2 关于酸沉降监测的基本问题	4
2.1 目的	4
2.2 监测点的选择	4
2.2.1 监测点的分类	4
2.2.2 选择监测点的原则	5
3 湿沉降监测	6
3.1 监测点	6
3.2 监测频率	6
3.3 测量项目	6
3.3.1 化学物质沉降项目	6
3.3.2 气象测量	6
3.4 监测过程	7
3.4.1 采样和即时测量	8
3.4.2 样品的储存和运输	8
3.4.3 在分析实验室中的分析工作	8
3.5 分析过程	8
4 干沉降监测	9
4.1 监测点	9
4.2 监测频率	9
4.3 监测项目	10
4.4 监测方法	10
5 土壤和植被监测	11
5.1 监测点	11
5.2 监测项目和频率	11
5.3 监测过程	12
5.3.1 监测点的选择	14
5.3.2 基础调查	14
5.3.3 地面生态系统分析	15

5.4 分析过程.....	15
6 内陆水环境的监测.....	15
6.1 监测点.....	16
6.2 监测项目和频率.....	17
6.2.1 湖泊.....	17
6.2.2 泉水、源头和河流.....	17
6.3 监测过程.....	18
6.3.1 有关监测点信息的收集.....	18
6.3.2 样品采集.....	18
6.3.3 现场测量.....	18
6.3.4 样品的运输和处理.....	18
6.4 分析程序.....	18
7 质量保证和质量控制（QA/QC）.....	20
8 数据报告	20

1 引言

酸沉降不仅是某一个国家所关心的问题,而且也是一个跨越国界的环境问题,正如1992年在里约热内卢召开的联合国环境与发展会议21世纪议程第九章中所强调的,解决酸沉降问题需要整个国际社会的共同努力。

东亚地区占全球陆地面积大约20%,其人口占世界人口的30%以上,该地区正日益受到国际社会的重视。除了前一段时间受到亚洲金融危机的影响,整个地区经济表现出强劲的增长势头。而且该地区的许多国家的经济增长率有望在近期恢复到危机前的水平。尽管亚洲发生经济危机,在许多国家的能源消耗还是持续增长。导致的结果是东亚地区释放的大气污染物已经占到全球的1/3,并且排放的增速高于世界其他地区。如果任由这种情况发展下去,必将使人们关注由于大气污染和酸沉降所造成的不利影响在该地区大面积的蔓延。

迄今为止,仅有一些文章报道了由于该地区酸沉降所造成的大量破坏。有些国家已被认识到由于酸沉降造成的破坏作用,包括森林退化和建筑物的腐蚀。面对日益增加的酸沉降所带来的威胁,当务之急是通过该地区的各自国家内部和国家之间开展的地区合作,采取有效措施消除这些威胁。

在1993年10月举行了来自10个国家(包括中国、印尼、日本、韩国、马来西亚、蒙古、菲律宾、俄罗斯、新加坡、泰国)参加的首届东亚酸沉降监测网络(EANET)专家会议。会议认为有必要在东亚地区建立一个酸沉降监测网。

在首届专家会议的基础上,本指南在1995年3月的日本东京举行的第二届东亚酸沉降监测网络专家会议上被采用。

按照1998年3月在日本大阪召开的关于东亚酸沉降监测网络政府会议的决定,准备工作从1998年4月开始,共有10个国家参加(包括中国、印尼、日本、韩国、马来西亚、蒙古、菲律宾、俄罗斯、泰国、越南)。在准备工作期间,各参与国家都尽最大可能努力遵守这些指南。根据已取得的经验和最近的科学/技术方面的信息,该指南经过修改,并且在2000年3月印尼雅加达召开的关于东亚酸沉降监测网络临时科学顾问组(ISAG)会议上被采纳。

EANET活动的质量保证/质量控制程序与数据报告程序和格式的两个文件是本指南的重要部分。湿沉降监测、土壤和植被监测和内陆水环境监测的三个技术手册作为该本指南的补充内容。

为保持与科学技术发展的同步,本指南将及时进行修改和升级。通过有效使用这些指南,努力提高酸沉降监测系统的水平是该地区的许多国家的愿望。

2 关于酸沉降监测的基本问题

2.1 目的

酸沉降监测网的目的：

- (1) 建立对东亚地区酸沉降问题的基本认识；
- (2) 为某一地区、国家乃至整个东亚地区的决策提供可靠的依据，阻止和减少由于酸沉降对人体健康和环境所造成的不利影响。

2.2 监测点的选择

2.2.1 监测点的分类

EANET 监测点基本分为两类：沉降监测点和生态调查点。沉降监测点是用来采集酸沉降在时间和空间上分布的基本数据的监测点，它还可以根据监测的目的再细分为三类：边远监测点、乡村监测点、城市监测点。生态调查点是那些为评估陆地生态系统的酸化效应提供基本数据的地点，也可以进一步分为两类：基本调查点和生态系统分析点。所有国家的监测点均应按照这一标准进行划分。关于沉降监测点，每一个参与 EANET 活动的国家至少建立一个以上的边远监测点或乡村监测点。

2.2.1.1 酸沉降监测点

在这个网络体系中的沉降监测点按照监测的目标划分为三类：边远监测点、乡村监测点和城市监测点。湿沉降和干沉降均在这些监测点进行监测。

I. 边远监测点

建立边远监测点是为评价在背景地区的酸沉降状况。监测数据可以用来评估东亚地区酸性物质的长距离转运和传输方式。

边远监测点的位置应当选择在不受或很少受当地的释放源和污染源影响的地点。边远点与一些重要的固定源，诸如城市、热电厂、大的工厂和重要的流动源如公路、港口、铁路，保持足够的距离以减少这些因素的影响。理想的边远点应位于现有的气象观测站附近，特别是在位于上风处的气象观测站或其临近地点。

II. 乡村监测点

建立乡村监测点是为了评估在乡村和欠发达地区的酸沉降状况，其监测的数据可以用于评估酸沉降对农作物和森林的影响。

乡村监测点的位置应选择那些受当地释放源和污染源影响最小的地点。因此，乡村监测点也应远离那些重要的固定源和流动污染源，尽可能不受这些因素的干扰。

一些符合边远点要求的乡村监测点，也可以用来评估酸性物质的长距离传输规律。

III. 城市监测点

建立城市监测点是为评估城市地区的酸沉降状况，包括城区、工业区及相邻周边地区。其监测数据可以用于评估酸沉降对建筑物和名胜古迹的影响，也可以用于评估城市地区降水的酸性及变化趋势。

2.2.1.2 生态调查点

生态调查点按照监测的目的可以细分为两类：基本调查点和生态系统分析点。土壤、植被、内陆水环境监测应在这些监测点中进行。

I. 基本调查点

在沉降监测点或其附近地点建立基本调查点是为了收集有关土壤、森林、内陆水环境的基本数据和其他参数的变化趋势，土壤的化学和物理分析，树木的形状描述，植被状况的调查，森林的退化和内陆水环境监测都应在这些调查点中进行。

如果在基本调查点中观测到森林退化或生态系统的变化，就要通过精细的调查如径流和透过植被的水流对土壤和植被进行更加广泛的调查，以确定这些变化与酸沉降之间的相关性。

II. 生态系统分析点

建立生态系统分析点是为了借助陆地生态系统分析或集水分析，评估酸沉降对整个生态系统的影响。这些地点应位于陆地生态系统并易于受大气酸度变化的影响。另外一些生态系统分析点应位于生态保护区内。在这些地点应调查清楚生态系统的动态情况和环境对酸沉降的敏感度，另外酸化的方式也可以在这些地区进行。

2.2.2 选择监测点的原则

2.2.2.1 基本原则

地点的选择是至关重要的。监测点应位于那些与监测目的相适应的地区，不应受附近释放源的影响，而且具有较好的被测地区的代表性，地点的选择还应考虑到监测活动的长期性，附近区域的土地可以保留几十年不变。合适的监测点应通过对监测情况的代表性和完整性的评估，并进行周期性的审核。

理想地点是现存的气象观测站及其邻近地区。为确保采集样品的代表性，采样装置的位置也是十分重要的。

选择沉降监测点的位置时，应在周围地形地貌，土地的种类和气象条件诸如年平均降雨量、主导风向等基本数据的基础上，对选择的位置进行充分的评价。此外沉降监测地点不应位于受当地气象条件所控制的地区，诸如易受当地风力的影响的山顶、山口、海边和易于导致空气滞留的山谷和盆地。

在选择沉降监测点时，必须考虑到选定位置周围的排放源。在对欧洲的空气污染物进行长距离监测和评估的合作计划指南中，推荐当影响空气质量的主要释放源不在监测点地区时，选择位置主要考虑 20km 以内的周边环境和排放源。

总之，沉降监测点的位置不应位于受当地释放源影响的地区，海边可能会受到浪花的影响，火山地区和温泉疗养地受来自地热释放源的影响（如 SO_2 、 HCl 、 H_2S ）；沙石道

路、田野受风蚀尘土的影响；牧场和草原易受氨类的影响，因此在选择监测点位置时，尽可能减少以上因素的影响。监测点周围的情况和可能的影响因素都应详细地记录和报告。

2.2.2.2 沉降监测点距大型释放源的最小距离

- (1) 边远监测点不应位于大的污染源如城市、热电厂、主要公路 50km 以内的地区。
- (2) 乡村监测点不应位于大的污染源 20km 以内的地区。
- (3) 边远和乡村监测点不应位于繁忙交通道路（车流量大于 500 辆/d）500m 以内的地区。

在本指南中给出的距离是借鉴于欧洲和北美的监测规划指南，仅作为参考。评估当地释放源对空气和化学沉降物的影响，应基于监测点的气象条件和地貌特征。

3 湿沉降监测

下面介绍有关湿沉降监测的基本内容，为了补充完善这些内容，监测湿沉降的技术指南由从事这方面工作的人员来完成。

3.1 监测点

监测点位置的选择应参照本篇 2 中沉降监测点位置的选择原则。

3.2 监测频率

每 24 小时采样一次。

在无法实现每天对样品进行分析的地区，只有当样品的组成和成分能够保持稳定时，例如通过将样品冷藏或加入杀菌剂，才能将一星期的样品混合或每周采样一次。

3.3 测量项目

3.3.1 化学物质沉降项目

必须测定项目包括 pH、电导率、离子浓度（ SO_4^{2-} ， NO_3^- ， Cl^- ， NH_4^+ ， Na^+ ， K^+ ， Ca^{2+} ， Mg^{2+} ）。

如果离子平衡不能从以上离子测定中获得，则需要测定与离子平衡有关的其他离子如 F^- 、 CO_3^{2-} 、 NO_3^- 、有机酸等。同时也可通过测定重金属、磷酸盐、铝、有机化合物，以确定沉降物的性质。

3.3.2 气象测量

风向、风速、温度、湿度、降水量和太阳辐射均与湿沉降相关，这些都应在离现场

点最近的气象站测定，测定应按照各个国家气象监测系统的测定频率和方法进行。

3.4 监测过程

湿沉降监测过程见图 1-1，并简述如下。

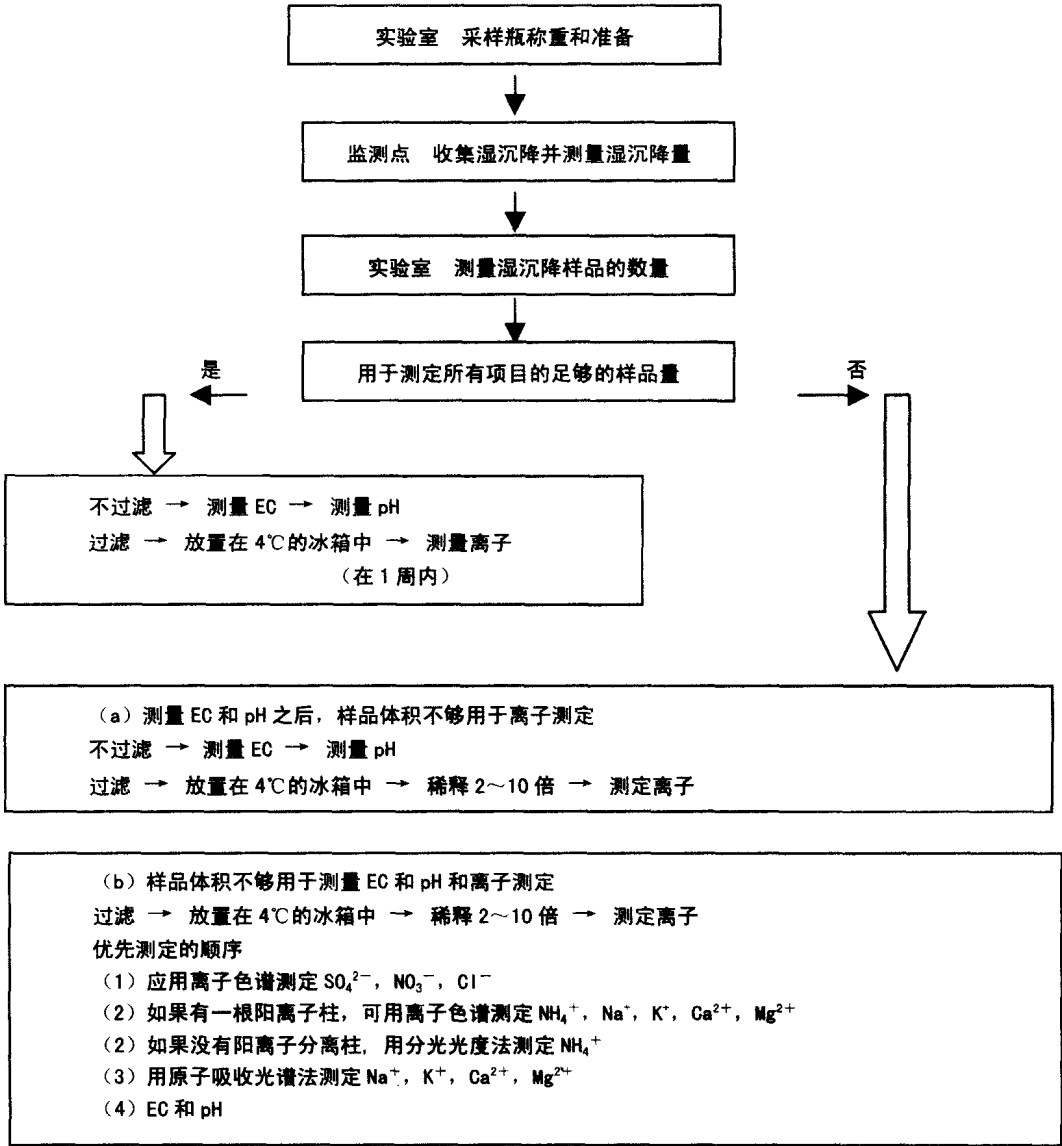


图 1-1 湿沉降采样和化学分析流程图

3.4.1 采样和即时测量

一个自动湿沉降采样器、一个标准雨/雪测量仪，和其他用于测量温度、风向、风速的野外气象测量仪器，组成现场采样和即时测量系统。

湿沉降样品的采集，可以应用合适的湿沉降自动采集器，也可以用湿/干两用收集器，这样收集器一般有两个收集筒，一个用于收集湿沉降时的沉降物，另一个用于收集干沉降物。

沉降量应该用一个标准的或与其他国家一致的沉降收集器测量和记录。标准沉降测量仪一般要比湿沉降采集器测得的沉降量准确有效。因此，用湿沉降采集器测量沉降量时，应平行采样进行比较。

采样容器（桶、漏斗、瓶）每次野外采样时应洗净。采样容器从采集器中取出后，应封口或包裹。操作者应带上塑料手套去处理收集容器。

另外，用标准雨量仪的深度（降水量）进行实时测量时，特别是没有雨量仪时，建议应先测量样品的体积，再带回实验室。野外空白实验应每月进行一次。测定 pH、电导率之后，将所有的样品用干净的滤膜（孔径 0.45 μm ）过滤。在每一个地点采集的所有沉降物样品的标签上均注明样品数据和内容。

3.4.2 样品的储存和运输

测定样品的体积之后，样品如果没加抑菌剂应进行冷藏，在送达分析实验室之前，样品应冷藏于 4℃。原则上样品应在 1 周或 2 周内送到分析实验室。

样品必须保持其化学稳定性。经常采用的方法有：①减少运输时间（例如采用快递服务）；②运输期间冷藏样品（例如冷冻的密闭包装）。

3.4.3 在分析实验室中的分析工作

分析化学沉降物的实验室应具备足够的条件，才可以得出高质量的数据分析报告。送来的样品应放置在冰箱中，尽可能快地完成分析工作。

3.5 分析过程

表 1-1 列出了降水的分析内容和方法，其中的沉降物分析方法是通用的，对于起草指南时的大部分实验室均是不难达到的。随着新的不同分析方法的应用或样品中的特殊成分的出现，方法也需要修改和更新。

表 1-1 降水中主要成分分析参考方法

测试项目	仪器方法
电导 (EC)	电导池
pH	玻璃电极 (最好用内电解槽不易泄漏的电极)
碱度	用滴定管或用带有酸度计的带刻度的滴定管
Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_2^- 、 F^- 、 PO_4^{3-}	离子色谱 (最好用抑制型离子色谱) 或分光光度法
NH_4^+	离子色谱或分光光度法 (靛蓝) *
Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+}	离子色谱或原子吸收/发射光谱法
重金属, Al	石墨炉原子吸收、等离子体发射光谱、等离子体发射光谱/质谱 (ICP/MS)
Hg	等离子体发射光谱/质谱 (ICP/MS), 带有一个金箔捕集的水银分析仪
有机酸	离子色谱法

*若在采样时使用了杀菌剂和百里酚, 则建议不要使用该方法。

4 干沉降监测

监测干沉降, 一种方法是直接测定干沉降物或测定空气的浓度后间接计算出干沉降物。在一些国家, 直接测定法是可行的。然而大部分情形是不容许重复使用这种方法, 这是因为: ①现有的化学感应器还不适宜重复使用; ②高昂的费用; ③对操作人员的技术要求高; ④同时适用于直接测定的监测点不易找到。

所以, 大多数现存的方法使用一个替代方法, 直接测量用于校准控制干沉降率各因素间的关系。这些关系用于从被调查地区关键变量的测量从而推断干沉降。这样的测量包括空气中感兴趣的化学物质的浓度和在空气和地表之间的指示化学物质交换过程的变化。

空气中物质的浓度测量目前是最易做到的, 因为所采用的技术都是成熟的。可供选择的方法有自动实时监测器、过滤装置、溶蚀器、手动采样等。但目前所有的空气采样技术都存在某种缺陷。

目前, 在 EANET 的框架下, 根据 1999 年 9 月第一届临时技术顾问组通过的干沉降监测的未来方向的发展报告, 空气中各种气体和气溶胶的浓度及它们的离子浓度都要进行测量。

4.1 监测点

干沉降监测点的选择应参照本篇 2 中有关沉降监测点选择的原则要求。建议与湿沉降在同一地点。当空气中物质的浓度在湿沉降监测点难以监测时, 选择新的监测点应在湿沉降监测点选择原则的基础上, 增加考虑地表的均一性。

4.2 监测频率

如果采用自动化的仪器, 可以进行每小时数据的连续采集并汇总。每周空气中物质

的浓度值的平均值以每小时平均值计算。用自动监测器测量空气中物质的浓度最好进行全年监测。如果有困难,考虑各自国家的实际情况,至少每月保证足够的测量数据。

用溶蚀器/过滤器方法测量离子的浓度,可以进行每周或每日数据的测量。

4.3 监测项目

目前, EANET 的空气浓度监测的必测项目有 SO_2 、 O_3 、 NO 、 NO_2 (城市) 和颗粒物浓度 (PM) 的监测。对于 PM_{10} 或 $\text{PM}_{2.5}$ 的监测将在以后的工作小组和技术顾问组会议上进行讨论和完善。测定空气中 NO_2 (边远、乡村地区)、 HNO_3 、 NH_3 和颗粒物中的离子浓度 (SO_4^{2-} 、 NH_4^+ 、 NO_3^- 、 Ca^{2+}), 可有利于分析干沉降中的化学物质的特征。

4.4 监测方法

表 1-2 给出空气中物质浓度监测的推荐方法。

表 1-2 空气中物质浓度监测的参考方法

项目	自动方法	手动方法
SO_2	紫外荧光法 (UVF)	过滤除尘法 溶蚀法 (被动采样器)
O_3	紫外光度法 CLD 法	(被动采样器)
NO 、 NO_2 (城市)	化学发光检测法 (CLD)	(被动采样器)
HNO_3	-	过滤除尘法 溶蚀法 (被动采样器)
NH_3	-	过滤除尘法 溶蚀法 (被动采样器)
PM	β -射线吸收法 TEOM 法	大流量采样器 低流量采样器
离子浓度	-	过滤除尘法 溶蚀法 (被动采样器) 大流量采样器 低流量采样器

用于湿沉降的分析方法 (例如离子色谱) 也可以用于手动方法的分析。

可用自动监测仪器对空气中的 SO_2 (紫外荧光法 UVF)、 NO (化学发光法 CLD)、 O_3 (紫外光谱法和 CLD 法) 及 PM (β -射线吸收法和振荡天平法) 进行连续监测, 可获得每小时的平均值。

PM 的测量可以使用带有撞击式和旋风式切割头的采集器来进行监测。

5 土壤和植被监测

土壤和植被监测的最终目标是通过建立高质量数据库，全面系统地评估酸沉降对陆地生态系统的影响。土壤和植被监测的初始目标，是能够建立基本数据和酸沉降对其早期影响，特别是对植物和森林生态系统的影响。

在 EANET 的框架下，可以进行两种类型的土壤和植被监测。对于初始目标，土壤的物理和化学性质应该作为土壤监测的项目，森林基本状态和树木老化的描述应作为森林监测的内容。通过这些工作，建立土壤和植被的基本数据，然后观测土壤和植被情况的变化。从以上数据可以得出酸沉降对陆地生态系统可能产生的影响。

为了最终目标的实现，需要做陆地生态系统分析。建立基本动态的描述和酸沉降可能产生影响的预测方法，作出陆地生态系统分析。

5.1 监测点

用于土壤和植被监测点的选择应参照本篇 2 中沉降监测点的选择标准执行。

5.2 监测项目和频率

监测项目的分类和基本调查分析的频率列于下表（表 1-3、表 1-4、表 1-5）。

监测项目的分类和进行生态分析的测量频率仍需不断完善。

表 1-3 土壤监测项目

项目	单位	标准	分析的频率
土壤的化学性质			
1) 含水量	wt%	M	
2) pH (H ₂ O) 和 pH (KCl)		M	
3) 可交换阳离子 (Ca、Mg、K、Na)	cmol (+) /kg	M	
4) 可交换酸度	cmol (+) /kg	M	
5) 可交换 Al, H	cmol (+) /kg	O	
6) 有效的阳离子交换容量 (ECEC)	cmol (+) /kg	M	
7) 碳酸盐的含量 (高钙质土壤)	%CaCO ₃	M*	
8) 总含碳量	g/kg	O	
9) 总含氮量	g/kg	O	3~5 年进行
10) 可溶解的磷酸盐	P mg/kg	V	一次
11) 硫酸盐	S mg/kg	V	
土壤的物理性质			
1) 细土壤的密度	mg/m ³	O	
2) 渗透阻力	kg/cm ²	O	

M: 必测项目; O: 选测项目; V: 自愿项目。碳酸盐的含量仅对多钙质的土壤为必测项。

表 1-4 森林状态基本描述的监测项目

内容	分类	监测频率
树木的描述		
树种名称	M	3~5 年进行一次
树木胸径	M	
树木高度	M	
树木下层的植被调查	M	

M: 必测项目。

表 1-5 树木老化调查的监测项目

项目	分类	监测频率
树木退化的观测	M	3~5 年进行一次
树木退化的图片记录	O	
退化原因的估计	O	

M: 必测项目; O: 选测项目。

5.3 监测过程

关于对土壤和森林基本调查的全部程序见图 1-2。该图中所描述的监测应作为从陆地生态系统分析中单独分离出的一个基本调查。

土壤和植被由几种不同类型的变量来描述。监测数据的质量取决于这样一些因素,如从采样到进行化学和物理分析的过程中每一步累计的实验误差。在表 1-6 中列出被 EANET 土壤监测中采用的一个多层次系统采样形式。用于评价变异和精密度的统计实验有: ①交错嵌套实验; ②完全重复嵌套实验, 以上两种方法均可采用。

表 1-6 土壤监测中各个采样单元的分级概念

单位	数量	大小	日本的实例
水平			
◆区域	1—	半径小于 50km	15 个县
◆土壤类型	2—	0.1~1 hm ²	每个区域 3~5
◆小样地块	几个	5m×5m/10m×10m	每个地点 2~4 个
◆亚小样地块	5	1m×1m	每块地分为 5 个
垂直			
◆水平	2 层	—	2 (最上面的和次一层)
临时			
◆频率	1 次	每 3~5 年*	每 3 年

*依赖于污染区域。