



Distr.: General  
8 October 2019



联合国  
环境规划署

Chinese  
Original: English

---

关于汞的水俣公约缔约方大会  
第三次会议

2019年11月25日至29日，日内瓦  
临时议程\*项目5(h)

供缔约方大会审议或采取行动的事项：  
成效评估

**成效评估特设技术专家组的报告：《关于汞的水俣公约》  
成效评估的拟议框架**

秘书处的说明

**增编**

本说明的附件载有 UNEP/MC/COP.3/14 号文件所载的成效评估特设技术专家组报告的附录一。还应指出，对特设技术专家组报告进行补充的其他资料，可见 UNEP/MC/COP.3/INF/15 号文件。

---

\* UNEP/MC/COP.3/1。

## 附件

# 成效评估特设技术专家组的报告：《关于汞的水俣公约》 成效评估的拟议框架

## 附录一

### 关于监测的技术信息

#### 一、 引言

1. 本附录总结了特设技术专家组在 2018 年 3 月和 2019 年 4 月举行的两次会议上以及通过电子通信就全球监测安排所做的工作。第二节首先确定能最有效地提供全球趋势信息的现有可比较监测数据的类别，环境、生物介质和脆弱人群中汞含量的监测数据（可用于评估《关于汞的水俣公约》在汞含量和趋势方面的影响），以及所确定数据的潜力和局限性。第三节进一步评估所审查的信息在何种程度上符合成效评估的需要，指明主要空白，概述提高信息可比性和完整性的备选方案，并根据成本效益、实用性、可行性、可持续性、全球覆盖范围和区域能力对这些备选方案进行比较，以确定未来加强监测的机会。第四节确定了评估全球各种介质内和跨介质汞含量变化的现有建模能力，第五节审查了确立监测数据基线的备选方案，并确定了可用于此目的的数据源。在这些考虑的基础上，第六节提出了获得成效评估监测数据的安排。

2. UNEP/MC/COP.3/INF/15 号文件中提供了大量关于监测的其他相关技术信息，这些信息补充了本附录中的提案，包括现有监测信息的概述。

#### 二、 确定监测信息和数据

##### A. 监测活动怎样才能有助于制定成效评估框架

3. 在审议监测信息和数据时，特设小组审议了关于成效评估的 MC-2/10 号决定中提及的基质，即空气、水、生物群和人。该小组得出结论认为，空气、人和生物介质中汞和汞化合物数量的数据是可用或可获得的，并可在全球范围内进行比较。一些专家认为，水的数据在某种程度上也可以在全球范围内获得。以下各小节将讨论针对每种基质的监测数据的可用性和可比性。

4. 大气中的汞含量与《公约》确定的人为来源的排放直接相关。大气监测活动可表明大气中的汞含量由于汞排放的变化而增加还是减少，以便建立模型来界定来源和受体之间的关系，从而有助于《公约》的成效评估。大气监测数据还有助于提高汞对环境影响的区域和全球模型的预测能力，因其也可能受到其他大气化学问题的影响。

5. 就对成效评估的贡献而言，人体生物监测的优势是提供关于来自所有各类来源的汞接触的信息，综合显示各类减少风险措施的结果，并提供地理分布信息，从而便于确定在减少风险措施方面需要紧急支持的地区和人口群体。

6. 就生物群监测而言，其优势在于在区域和全球层面跟踪环境中汞含量的变化，表明汞的生态影响和人类通过膳食接触汞的情况。

## B. 环境空气

7. 环境空气中的汞含量已经在某些地点测量了很长一段时间，由此产生的数据有助于讨论汞问题的全球性质。当前可用的数据系由各种国家和全球网络的所有者使用不同的采样方法采集。人们认识到，目前可用的数据均未达到全球覆盖，但可能有合适的方法来获取这种全球数据（如《2018 年全球汞评估》中所指明的）。<sup>1</sup>关于现有网络的概述载于 UNEP/MC/COP.3/INF/15 号资源文件。

8. 测量大气汞的方法多种多样；据认为可能适合获得全球可比数据的方法已得到确定和审查。这些方法可测量：

(a) 背景地点和受影响地点的空气中总气态汞（TGM）或气态元素汞（GEM）浓度；

(b) 湿沉降。

9. 可用主动连续监测以及手动主动和被动空气采样技术来测量总气态汞或气态元素汞。主动连续监测用于现有区域和全球监测网络的几个地点，以确定连续的总气态汞或气态元素汞浓度，而手动主动和被动采样则用于没有监测基础设施的地方，以每月（或更低频率）平均值形式提供平均总气态汞浓度。

10. 汞的大气沉降通量被认为是汞的湿沉降和干沉降的结合。湿沉降是通过收集雨水样本来测量的，而干沉降是通过数学推导而得，或通过树木碎片来测量的。现有几个长期网络收集湿沉降样品，而干沉降由于缺乏可比较的标准程序，因而没有得到长期测量。在大气沉降样品中测量到的汞的总量，用作计算与降水（雨或雪）活动相关的总大气沉降通量的基础。

11. 需要经过验证的大气汞模型来评估来源和受体的关系，并评估随着汞排放状况、气象条件和气候强迫的变化，每个人为排放源在全球汞质量平衡中的相对重要性。环境空气和沉积样品的汞监测数据的良好全球覆盖对于验证这些大气模型也是至关重要的。UNEP/MC/COP.3/INF/15 号文件提供了进一步详情。

## C. 人体接触

12. 所有人都在一定程度上接触汞。在世界各地的许多社区，在膳食中食用鱼、贝类、海洋哺乳动物和其他食物可以说是接触甲基汞的最重要来源。接触元素汞和无机汞主要发生于职业环境（手工和小规模采金业），或通过接触含汞产品而发生。仍需高度关注弱势群体，包括因为膳食或职业接触大量汞的各种土著人口。

13. 评估一般人群接触汞情况（即背景水平，而不是“热点”）的人体生物监测提供了关于全球趋势的信息。在一般人群中，建议评估产前接触，因为胎儿最容易受到接触甲基汞的伤害。<sup>2</sup>

14. 有两种主要的生物标志物：<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 联合国环境规划署，2018 年。2018 年全球汞评估。

<https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/27579>。

<sup>2</sup> 在评论过程中有人表达了不同的意见；一些缔约方认为，监测应具有灵活性，以便最大限度地扩大良好地理覆盖的机会，并针对包括胎儿在内的男性和女性一般人群。

<sup>3</sup> 承接上个脚注，一些缔约方建议列入头发和血液，而不仅限于母体头发和脐带血。

- (a) 母体头发中的总汞（离头皮 3 厘米的发束，以测量妊娠末期的接触情况）；
- (b) 脐带血中的总汞。
15. 头发是较好的生物基质，因为很容易使用非侵入性方法获得，并且对于运输或储存没有特殊要求。
16. 脐带血可以作为头发的替代基质。将脐带血纳入调查范围具有几个额外的优势，例如提供了产前汞接触和母亲汞接触的更可靠的测量方法，同时排除了外部因素的影响（例如，汞对头发的外部污染、可降低头发中汞含量的永久性头发护理），并且在由于文化、伦理和宗教特殊性而难以进行头发采样的地方，提供了一种头发的替代生物基质。
17. 存在尽管可变但可靠的系数，使头发、血液和脐带血中汞测量结果具有可比性。
18. 通过评估总汞即足以描述接触情况，除非需要评估头发的外部接触。
19. 除了一般人群接触外，缔约方还可以在包括职业接触人群的其他易受伤害人群中进行生物监测，以及在热点地区进行生物监测。这些数据可以提供对成效评估有用的更多信息（例如在相同人群中长时间反复进行时）。
20. 《2018 年全球汞评估》确定了区域和国家人体生物监测方案、纵向出生队列研究和特定人群（包括大量接触人群）横断面信息中的现有汞接触数据。评估结果显示：
- (a) 区域和国家人体生物监测方案提供的一些信息可能具有可比性（取决于方案内按性别和年龄分列数据的能力）。只有极少数国家，主要是北半球国家，才能实施此类方案。这种方案费用昂贵，因此对于监测全球汞接触这个唯一目的而言是不可行的。
- (b) 纵向出生队列研究可提供可比较的高质量数据，包括对食用大量海产品、淡水鱼和（或）海洋哺乳动物的群体的研究。这种数据仅在少数地点可得，不具有全球代表性。
- (c) 全球环境基金资助的题为“制定人体接触汞和汞环境浓度全球监测计划”的项目（见 UNEP/MC/COP.3/INF/19）利用世界卫生组织（世卫组织）评估产前汞接触的规程<sup>4</sup>，在少数其他国家得出了可比数据。
21. 尿液中总汞的生物监测与大量接触元素汞和无机汞的人群相关，但不适合评估甲基汞接触。它可能有助于评估缔约方就采矿社区汞接触采取的管控行动的影响。
22. 人体生物监测在为《水俣公约》成效评估提供参考方面具有若干优势，包括：
- (a) 直接回答是否采取了足够措施来保护人体健康这一根本问题（《公约》第 1 条）；

<sup>4</sup> 世卫组织，2018 年。产前汞接触评估：人体生物监测调查。第一套调查规程。  
<http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/chemical-safety/publications/2018/assessment-of-prenatal-exposure-to-mercury-human-biomonitoring-survey-2018>。

- (b) 综合显示来自不同来源的汞接触信息；
- (c) 综合显示所采取的一系列减少风险措施的影响。

23. 在使用人体生物监测数据时，应该注意，人体中的汞含量受到许多混杂因素的影响，例如鱼类食用习惯（物种和数量）、年龄、性别、酒精饮用、健康状况和经济状况。

## D. 生物介质

24. 生物群样本可以为不同类型的结果提供信息。通过生物群监测可以确定了三种类型的结果，即人体接触、环境健康和时间趋势。在区域和全球范围内，有足够的生物汞数据可用于评估地域内许多（但不是所有）生态系统和生物群落的环境接触以及空间和时间趋势。人类可以通过膳食接触到来自鱼类、鸟类和海洋哺乳动物的甲基汞（鱼类是主要来源；鸟类根据膳食种类可以是次要或主要来源；海洋哺乳动物在某些膳食种类中是主要来源）。

25. 以下来自四个主要生物标志物组（分类群）的样品被认为是最相关的，并且最常用于甲基汞监测：

- (a) 鱼：肌肉片、肌肉活检、剪鳍、血液；
- (b) 海龟：鳞甲、血液、肌肉；
- (c) 鸟类：血液、羽毛、卵、肌肉、卵壳和卵膜、肝脏和肾脏；
- (d) 哺乳动物：皮肤、皮毛或毛发、肌肉、肝脏和肾脏。

26. 建议使用肌肉组织来评估来自鱼类和海洋哺乳动物的样本。对于鸟类，血液应用于获得短期数据（即在接触后的几天内）；肌肉或卵应用于获得中期数据（接触后数周至数月内），羽毛可用于获得长期数据（接触后数月至数年内）。使用湿重或干重评估所有组织中的总汞（假设甲基汞平均水平大于80%），可认为已经足够。应该对样品进行地理参考，并根据取样的目的而改变详细程度。有标准操作程序可用（例如，通过国家或区域监测方案）；然而，对于这种程序未涉及的取样操作，可能需要就其他更普遍的规程达成一致。一般而言，组织间转换是获得标准化、因而具有可比性的组织汞浓度的一种可行方法。

27. 《2018年全球汞评估》使用了来自全球生物汞综合（GBMS）数据库<sup>5</sup>的生物群数据，其中包括关于每个被采样生物体的详细信息、其采样位置及其基本生态数据。从1 095项不同的参考文献中汇编了数据，涉及119个国家，2 781个独特地点，以及来自375 677个全生物个体的458 840个汞样本。全球生物汞综合数据库中的示例包括具有广泛时间和空间信息的一些地理区域的数据集，包括美国北部、加拿大许多地区和斯堪的纳维亚地区的淡水湖区域。这些地区涉及在过去50年的数据收集过程中采集的500 000多个鱼类汞浓度样本，其中一些经过了标准化处理，以便进行比较。UNEP/MC/COP.3/INF/15号文件提供了进一步详情。

28. 应制定一套最低限度的信息指标，从而可能解释鱼类汞浓度的时间趋势在不同驱动因素（包括环境或气候变化和沉积变化）的影响下如何变化。对于

<sup>5</sup> 更多信息，见

[http://www.briloon.org/uploads/BRI\\_Documents/Mercury\\_Center/Publications/For%20Web%20GBMS%20Booklet%202018%20.pdf](http://www.briloon.org/uploads/BRI_Documents/Mercury_Center/Publications/For%20Web%20GBMS%20Booklet%202018%20.pdf)

每个地点，这套指标应该包括湖泊（或河流、河口、海洋等）流域形态、污染沉积模式和局部污染历史。对于每个生物群物种（这里以鱼为例），最低限度的数据应该包括长度，体重，性别和性成熟状况。还可以分析用于测定总汞浓度的样品（即鱼的肌肉）的稳定同位素（至少是氮，可能还有碳），以便更好地了解食物网过程。这些参数中有许多在当前的数据库中是缺乏的。例如，年际和年内变异性通常比长期趋势大得多，因此很难将时间趋势变化与大的环境驱动因素（包括沉积）联系起来。在评估《公约》今后几年的效力时，应考虑时间趋势内的空间变化。为了能够记录时间趋势中的潜在变化，必须通过改进数据调整来降低年内变异性，包括采集更多的湖泊数据和信息，以及长时间从同一湖泊收集数据。

## **E. 水土**

29. 有些国家针对水质问题收集水中汞和汞化合物的含量数据。这些数据可能有助于跟踪当地释放汞的活动产生的汞，并对水环境中汞的迁移进行建模，但来自河流和沿海地区的监测数据将不能表明全球总体趋势。然而，海洋水中的汞含量可在全球范围内进行比较，并有助于了解全球汞循环。这些数据是由现有网络和专项研究方案收集的，但目前不是通过专门的长期监测方案收集的。

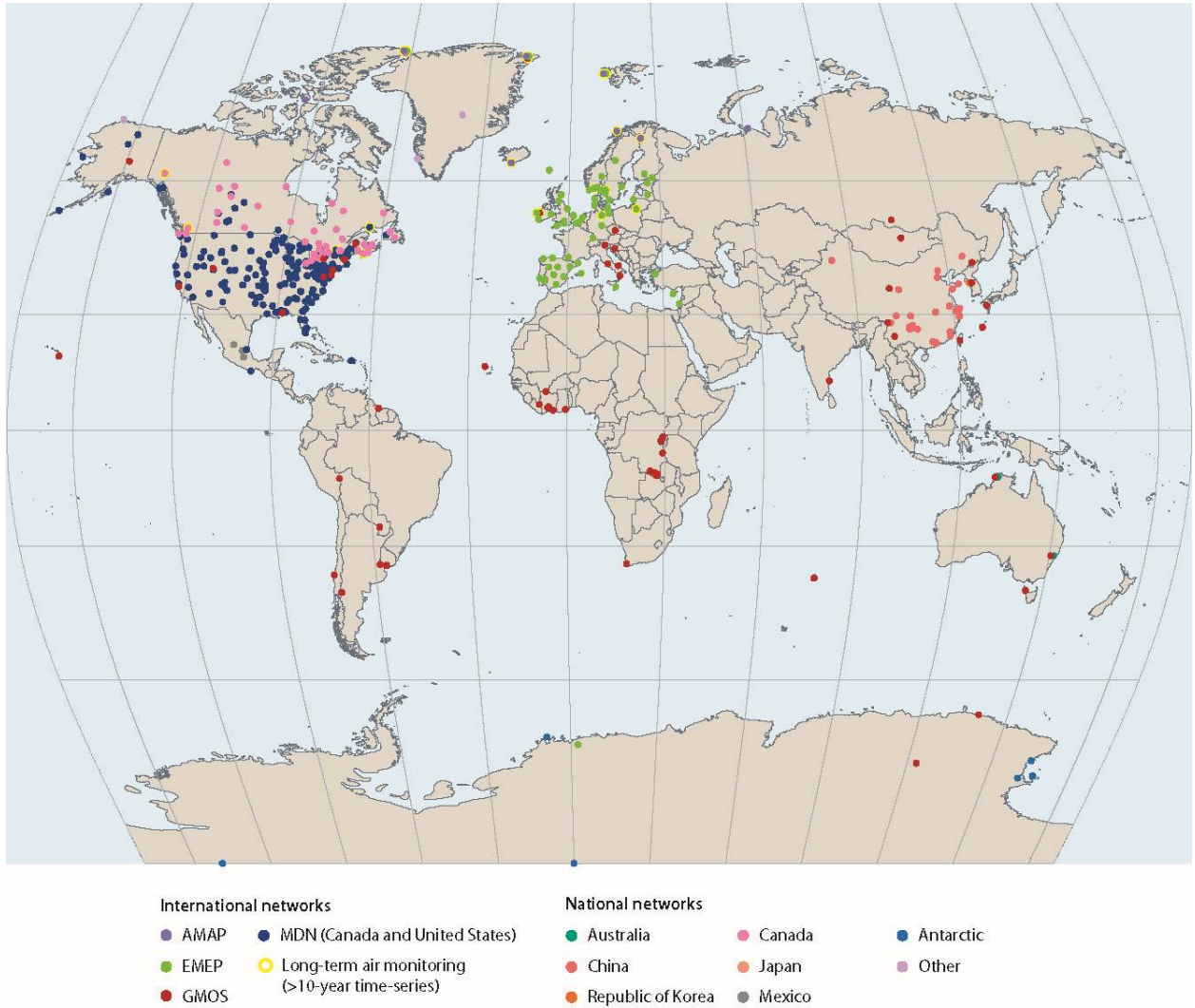
30. 土壤样品可能对评估特定地点的污染大有用处，但考虑到土壤类型等方面的差异，要实现全球可比性可能是行不通的。沉积物中汞含量的数据与生物介质中的有关汞含量高度相关；然而，沉积物取样目前据认为并不普遍，也不易在全球范围内进行比较。

## **三、可比性、空白和填补空白的备选方案**

### **A. 环境空气**

31. 下图显示当前的总气态汞或气态元素汞监测工作。由该图可见，通过扩大监测大气汞的当前网络，可以填补总气态汞或气态元素汞信息中的空白。这种扩大将包括南美洲的一些地区、非洲、加勒比地区、亚洲部分地区、俄罗斯联邦和大洋洲。

图  
测量空气中汞浓度的现有监测网络



International networks = 国际网络

Canada and United States = 加拿大和美国

Long-term air monitoring (>10-year time-series) 长期空气监测 (>10 年时间系列)

National networks = 国家网络

Australia = 澳大利亚

China = 中国

Republic of Korea = 大韩民国

Canada = 加拿大

Japan = 日本

Mexico = 墨西哥

Antarctic = 南极

Other = 其他

缩写：AMAP，北极监测和评估方案；EMEP，欧洲监测和评价方案；GMOS，全球汞观测系统；MDN，汞沉积网络。

32. 建议使用以下方法来填补空白：

- (a) 将当前的总气态汞或气态元素汞的监测与新技术（包括被动和主动汞采样）相结合；
- (b) 尽可能扩大目前的监测网络，以填补数据空白；
- (c) 尽可能采用目前使用的标准数据收集和处理程序；
- (d) 比较各个网络的测量技术和数据处理；
- (e) 使用手动主动或被动采样方法填补地理数据空白；
- (f) 如果可行，将手动主动或被动空气测量与主动湿干沉积测量相结合；
- (g) 至少每季度进行一次采样（与主动采样数据平均，或在三个月中与被动采样进行整合），以评估季节性变化；
- (h) 在选择新的采样点时，要优先填补《2018年全球汞评估》和其他文献中指明的信息和数据空白。

33. 建议在拟定旨在填补大气汞监测数据的地理空白的未来战略时，规定要运行约 30 个监测点，并且每个大地理区域（如非洲、拉丁美洲和俄罗斯联邦）的人工主动或被动空气采样，都要在能够提供区域或当地背景汞浓度信息的地点进行。建议的监测点数量只是指示性的；如果使用手动主动或被动空气采样的站点数量更多，则必然会改善和提高区域或当地排放状况、气象和运输或沉积模式的地理分布和代表性。关于空气监测（包括拟议的采样操作）的成本分析，可参阅 UNEP/MC/COP.3/INF/15 号文件第一部分第 4 节。

## B. 人体接触

34. 建议使用世卫组织评估产前接触甲基汞的规程进行研究，以填补数据空白，并获得成效评估所需的全面情况。<sup>6</sup> 使用世卫组织的规程，将能收集到可比较的数据（例如，每个研究地点 250 人的头发样本，建议将多样性控制在最低限度）。这些研究将是由国家推动的；需要通过当地的伦理审查（即机构审查委员会的审查），研究工作将在国家卫生系统内进行；因此，得到国家批准属于假设条件。每个国家都将拥有自己的数据，提交结果将是自愿的。

35. 《公约》第 17 条第 1(d)款呼吁缔约方促进交流接触汞和汞化合物的健康影响方面的流行病学信息，可酌情与世界卫生组织和其他相关组织密切合作。根据《公约》该条，应汇编和交换通过人体生物监测获得的汞含量数据。

36. 为了促进产生与成效评估最相关且具有全球代表性的人体生物监测数据和趋势信息，应随时向根据成效评估全球监测安排设立的监测组通报计划和开展的研究。

37. 世卫组织的规程涵盖了数据质量问题。测量结果必须可在不同的实验室或研究项目之间进行分析比较。为确保可比性，每项国家调查都需要遵循世卫组织统一的采样和分析方法标准操作程序，并制定涵盖分析前阶段的质量保证和质量控制程序。若提供适当的参考材料（含有一定数量汞的样品）<sup>7</sup>，将可支

<sup>6</sup> 一些缔约方评论说，在其他人体生物监测方案中使用的既定规程也应得到承认。

<sup>7</sup> 现有参考材料的清单，见 UNEP/MC/COP.3/INF/15 号文件第二部分。



持内部质量保证。外部质量保证应通过国际实验室间的比较研究进行。各项研究的协调将有助于确保采取适当的质量控制措施。

38. 世卫组织规程还涵盖数据管理、分析和评估问题，包括这是否应在国家和（或）国际一级进行。规程建议参与国在国家一级进行统计分析，并向中央数据库提交匿名数据进行统计分析。国际一级统计分析的目的是评估生物标记物值与汇编数据集中的年龄、性别和食用鱼类的习惯（通过问卷收集）等预测因素之间的关联。世卫组织规程还涉及数据通信问题，北极监测和评估方案（AMAP）的人体健康评估特别涉及北极区域土著人民的这方面问题。通信问题包括在国家内部向参与研究的个人和向政策制定者通报结果。应当指出的是，有些国家可能已经有了与结果通报有关的国家准则。

39. 全球环境基金资助的“制定人体接触汞和汞环境浓度全球监测计划”项目（UNEP/MC/COP.3/INF/19）表明，在发展中国家使用世卫组织规程来生成数据，是具有成本效益、实用而可行的。该项目已经建设了当地进行相关研究的能力，因此可以随着时间的推移在一系列地点重复进行研究，以填补空白。

### C. 生物介质

40. 人们认识到，有大量关于生物群中汞含量的已公布数据，以及为商业和政府目的收集的未公布数据。然而，尚不清楚公布的数据和其他数据在多大程度上反映了汞浓度的背景信息，或者现有数据是否强调了预期汞浓度较高的地区。如前所述，来自美国北部、加拿大和斯堪的纳维亚的大型生物汞浓度数据集显示，在进行了管制和管理之后，来自具有当地汞源的湖泊的淡水鱼汞含量有所变化。需要对现有数据进行进一步的评估工作，以收集一切具有全球代表性的现有生物汞数据，评估哪些数据是相关、可比较并可协调一致的。这一进程已经从全球生物汞综合数据集开始，这将使我们能够更清楚地查明地理和分类数据上的空白。

41. 北极监测和评估方案是如何运作长期实地汞生物监测方案，以造福于人类健康和生态健康的最佳范例之一。<sup>8</sup> 全球环境监测系统食品污染监测和评估方案（通称 GEMS/食品）通过其合作中心和得到公认的国家机构网络，拥有全球最佳的鱼类汞数据收集系统之一。

### D. 成本分析

42. UNEP/MC/COP.3/INF/15 号文件中载有一张表格，总结了目前使用的空气、人类、生物介质和水监测方法的成本、实用性、可行性、可持续性、可比性和覆盖面。

## 四、用于评估全球各种介质内和跨介质汞含量变化的现有建模能力

43. 下表总结了评估全球各种介质内和跨介质汞含量变化的模型的能力。针对不同介质（空气、水、陆地和生物群）的模型，在模拟汞在这些介质中迁移的能力及模型发展状态方面有所不同。大气模型已得到广泛评估，可用于评估大气汞浓度和沉积的空间梯度以及时间变化，前提是提供有地理参考的高质量

<sup>8</sup> 北极监测和评估方案，2011年。北极监测和评估方案2011年评估报告：北极的水银。

<https://www.amap.no/documents/doc/amap-assessment-2011-mercury-in-the-arctic/90>；北极监测和评估方案，2015年。北极监测和评估方案2015年评估报告：北极的人类健康。

<https://www.amap.no/documents/doc/amap-assessment-2015-human-health-in-the-arctic/1346>。

排放数据。相比之下，针对陆地等其他介质的模型仍然主要用于研究用途。进一步的解释，包括具体可用模型的参考资料和根据现有模型计算的地理列示样本，见 UNEP/MC/COP.3/INF/15 号文件。

44. 综合建模框架可以说明进入大气、陆地和水的汞初级释放作为甲基汞到达鱼类和野生动物的途径，以及一些食用鱼类的人群接触汞的情况。目前，集成建模框架正在开发中，可以作为研究产品使用。以前没有在全球评估工作中应用或比较过综合模型。一些研究小组已经在同行评议的文献中发表了大气海洋和大气陆地耦合模型；随着更多模型评估的出现，到 2023 年应该可以得到最新信息，以开始具有与政策相关的分析。甲基汞的食物网生物积累模型也可从选定的群体中获得，并可用于描述生态系统尺度（湖泊、湿地、河口、受污染地点）和全球海洋食物网的积累模式。综合建模框架中最困难的环节是人类接触和健康方面的结果，这是由于膳食偏好的多样性、食物消费模式和影响甲基汞吸收和消除的毒物动力学的个体差异。综合建模框架的所有这些组成部分都在科学界迅速发展。

表  
针对单个介质的可用建模能力概要

介质/可用性	模型输入所需的指标	提供的输出	尚待填补的空白
<b>社会经济模型： 一定程度上可用</b> 全球排放模型（预测到 2050 年）	<b>输入：</b> 社会经济活动数据（产量、人口、国内生产总值），物质流动和政策规范  <b>评估：</b> 相互比较和过去的表现，人为的物质流动	全球需求、排放和释放设想情况	要细化的汞排放因素（区域、地点等）、要收集的商品汞含量数据、各部门之间的一致性以及要探索的无汞政策（如能源）
<b>空气：广泛可用</b>	<b>输入：</b> 全球排放  <b>评估：</b> 大气测量；干湿沉降数据	大气浓度； 沉降； 时间变化； 按源区域确定 归因；	经协调的排放清单有待确定
<b>水：研究产品 — 一定程度上可用</b> 全球海洋： 全球海洋模型（MITgcm、NEMO）  河口（针对具体地点）；淡水与河流（针对具体地点）	<b>输入：</b> 空间分辨全球大气汞输入（湿+干）— 河流中汞和甲基汞的浓度（全球）  <b>评估：</b> 经测量的海水总汞和甲基汞，以及金属汞浓度；这些正在通过网络（GEOTRACES、CLIVAR）收集	全球海洋中的海水甲基汞  全球海洋表面和深海的海水中总汞浓度  时间变化；	海水汞物种数据略显稀少但有所改善  全球河流中的汞和甲基汞数据基本没有
<b>土壤和陆地：研究产品 — 一定程度上可用</b> 全球土壤： 全球陆地汞模型	<b>输入：</b> 大气沉积（模型输入） 进入陆地和水中的排放（非常初步和粗略的空间分辨率）	全球土壤汞浓度  全球河流中的汞  对汞输入最敏感并可能影响	对特定地点评估以外的陆地环境的甲基汞模拟仍有待完成

介质/可用性	模型输入所需的指标	提供的输出	尚待填补的空白
受手工和小规模采金业污染的地点（尚未整合进全球模型，但会有用）	关于污染地点径流的数据极少  全球土地覆盖数据和大气输入  <b>评估：</b> 土壤汞数据（北美和欧洲部分地区的良好数据）	生物群和人类群体的“热点”	需要进行地面实况全球“热点”分析；要收集手工和小规模采金业及释放和（或）污染地点的位置数据
<b>生物群：研究产品</b> <b>一定程度上可用</b> 海洋生态系统食物网生物积累模型（已有全球浮游生物模型，全球鱼类模型正在开发中）  淡水生态系统的食物网模型（针对具体地点）	<b>输入：</b> 海水甲基汞（模型）；全球初级生产力的渔业生物量生产，营养相互作用（可通过与 NOAA/GFDL 和 UBC Nereus 项目合作获得）  <b>评估：</b> 生物汞数据库  第 3 营养级用于时间趋势，第 4 级用于空间梯度分析	人类群体食用的鱼类中的甲基汞浓度；甲基汞的海洋来源  按区域确定鱼类（海洋哺乳动物？）中汞来源的归因；  由于排放和气候而产生的变化	正在开发全球鱼类模型；可能与海洋哺乳动物或鸟类有关  亚洲和非洲第 4 营养级数据有待收集
<b>人类：</b> 海洋鱼类食用者的接触情况（全球）  将甲基汞摄取同血液和头发浓度和结果相联系的毒物动力学模型  淡水鱼和大米食用者（如果适用，则提供特定地点的数据） – 可能属于最高风险人群  手工和小规模采金业场所的职业接触（针对具体地点）	<b>输入：</b> 全球各种自给自足人口食用的鱼类的生物量和甲基汞浓度（模型）；不同人类群体的膳食摄入数据  国家生物监测数据（模型评估）	目标：确定汞源对人类群体影响的归因	影响不同人群中外源性甲基汞接触与血液浓度和结果关系的机制尚不确定（研究在发展中）

缩写：ASGM，手工和小规模采金业；GDFL，国家海洋和大气管理署地球物理流体力学实验室；Hg，汞；MeHg，甲基汞；MITgcm，麻省理工学院大洋环流模型；NEMO，欧洲海洋建模中心；NOAA，美国国家海洋和大气管理署；UBC，不列颠哥伦比亚大学。

## 五、 确立监测数据的基线

45. 在“前后比较”的办法（比较《公约》执行前后的汞含量）中，可以使用接近评估期开始和结束时的监测数据。对于第一次成效评估，可以使用《公约》生效前的监测数据作为基线。对于空气，北半球部分地区存在历史监测数据。对于人体生物监测，可以使用来自有限数量的区域和国家生物监测方案和纵向研究的数据。对于生物介质，可以获得有限地理区域内淡水鱼汞含量的历史数据，目前正在分析关于海洋鱼类物种的现有数据。

46. 在“有无比较”的办法中，为了评估为执行《公约》而采取的措施带来的汞含量变化，需要使用上述综合建模框架来估计“一切照旧”设想情况下的汞含量。

## 六、 支持成效评估的拟议监测活动

47. 以上各节介绍的评述表明，尽管在公认的环境污染物中，针对汞的可用集体数据集是最大的之一，但数据空白仍然存在。缔约方可以通过支持科学活动和使用已经开发的材料来填补这些空白，实现具有全球代表性的数据覆盖。

48. 假设现有的汞监测活动继续以协调统一的方式进行，并辅之以填补某些区域数据空白的行动，那么可以认为，空气、人类和生物介质中汞和汞化合物含量的数据是可用或可以获得的，并可在全球范围内进行比较。

49. 以下的建议，即是缔约方可在现有监测活动和知识的基础上开展汞监测活动，以是生成数据，用于编制定期全球汞监测报告。

### A. 环境空气

50. 就空气监测而言，建议现有网络继续其监测活动，使用主动连续监测及手动主动和被动空气采样技术收集：

(a) 背景地点和受影响地点的空气中总气态汞（TGM）或气态元素汞（GEM）浓度；

(b) 湿沉降。

51. 该信息将用于评估环境空气中汞浓度的空间和时间分布规律，以及陆地和水生生态系统的沉积通量。应该注意的是，标准操作程序建议应使用“仅湿式”或“干湿混合”取样器来监测汞沉积通量。

52. 为了填补某些区域的数据空白，应每月（或以较低频率）收集样本，以确定区域或地点的背景总气态汞平均浓度，特别是在非洲、拉丁美洲和俄罗斯联邦。

### B. 人体接触

53. 对于人类生物监测，建议针对一般人群的产前接触使用以下生物标志物：<sup>9</sup>

(a) 母体头发中的总汞（离头皮 3 厘米的发束，以测量妊娠末期的接触情况）；

<sup>9</sup> 在评论过程中有人表达了不同的意见。一些缔约方认为，监测应具有灵活性，以便最大限度地扩大良好地理覆盖的机会，并针对包括胎儿在内的男性和女性一般人群。他们建议头发应不限于母体头发，血液也应不限于脐带血。

(b) 脐带血中的总汞，以确定最近的接触甲基汞情况。

54. 最好使用母体头皮毛发作为生物基质来评估产前接触。脐带血可以作为头发的替代基质。考虑到确定统计上显著差异的目标和实施人体生物监测研究所需的时间（包括使主规程适应当地情况、获得当地伦理机构的批准、培训工作人员等），大约每隔五年收集一次人体样本对于人体生物监测研究而言是可行的。人类样本应附有关于一系列属性（如年龄、性别）的信息和社会和习惯信息（例如，鱼类食用模式、经济水平）。

55. 可能需要将样本收集与根据《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》开展的调查活动协调起来，以促进协同作用，包括进行统一伦理审批。

56. 《2018 年全球汞评估》确定了国家人体生物监测方案中现有的汞接触数据、纵向出生队列研究和特定人群（包括大量接触人群）的横断面信息。缔约方和其他各方应继续开展这些活动，以便为随后的成效评估提供长期信息。

### C. 生物介质

57. 对于生物群监测，将各项监测工作结合起来记录《公约》成效的一个重要方面，就是通过确定需要监测的适当物种和组织类型，尽量减少物种之间生理差异的影响。应优先研究积累大量汞、对人类健康构成潜在风险、广泛分布于特定地理区域并在许多过去的研究中发现的物种。此外，需要按大小、年龄和性别对生物群中的汞浓度进行标准化或说明，这些数据应包括在数据收集过程中。采样鱼种的选择应基于营养级，第 4 营养级（吃其他肉食动物的肉食动物）最适合于与人类和生态健康评估有关的决定。关于商业捕捞物种的数据对于评估一般人口的健康是有用的。其他物种可能对评估土著民族的健康有重要意义。

58. 为了说明接触途径的主要差异，建议将生物监测分为两大框架：大陆和海洋。UNEP/MC/COP.3/INF/15 号文件提供了大量关于框架的相关技术信息。生物群中汞监测的大陆框架旨在确定能够使汞甲基化并使其进入食物网的生态系统敏感点。海洋框架覆盖海洋区域；其结果将全球范围内与人类食用有关的海洋盆地基质结合起来，以确定生物介质中汞含量的空间梯度（趋势）。