



Project for
**Promoting
Minamata
Convention
on Mercury**

UN 
**environment
programme**



by making the most of Japan's
knowledge and experiences

Tentative translation

Demonstration of mercury monitoring survey in developing countries (Season 2)

for

Survey and analysis of mercury monitoring status in neighbouring countries and capacity strengthening supports

(Excerpt from FY2019 Survey on Mercury Monitoring for the Minamata Convention and Monitoring
Capacity Building and Support)

Publication information

Report title	FY2019 Survey on Mercury Monitoring for the Minamata Convention and Monitoring Capacity Building and Support
Publication date	March 2020 (Fiscal year 2019)
Author	IDEA Consultants, Inc.
Objective	<p>In order to implement Minamata Convention, efficient mercury monitoring by developing countries are indispensable, for effective planning and evaluation. Ministry of the Environment has been supporting the efforts by developing countries, as well as building a network for mercury monitoring at Asian Pacific Region.</p> <p>The below three items were conducted:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Long term background monitoring of hazardous metals including mercury. · Cooperation and support for planning monitoring for Minamata Convention. · Survey and capacity building on mercury monitoring and analysis in countries overseas.
Publisher	Ministry of the Environment, Japan
Original language	Japanese
Excerpt	<p>Pages 189-213</p> <p>Chapter 4 Survey and analysis of mercury monitoring status in neighbouring countries and capacity strengthening supports</p> <p>Section 4.1 Demonstration of mercury monitoring survey in developing countries</p>

Note:

This document is the tentative translation of a non-English publication to disseminate data and information to wider readers for benefitting better mercury management. The authorship and copyright remain the author(s) and publisher. UNEP is granted the translation of the part of the content without modification.

Table of Contents

4	Survey and analysis of mercury monitoring status in neighbouring countries and capacity strengthening supports	4
4.1	Demonstration of mercury monitoring survey in developing countries.....	4
4.1.1	Scope of works	4
4.1.2	Bill of quantity	11
4.1.3	Survey results for Nigeria	12
4.1.4	Survey results for Cameroon	20
4.1.5	Discussions on mercury emissions from waste disposal sites.....	28
4.1.6	Issues and recommendations for future survey of waste disposal sites	33

4 Survey and analysis of mercury monitoring status in neighbouring countries and capacity strengthening supports

4.1 Demonstration of mercury monitoring survey in developing countries

Large part of the anthropogenic mercury emitted into atmosphere stays long time and disperse over the globe to affect global ecosystem. Thus, mercury pollution is an issue to be addressed throughout the world. On the other hand, people who engage in local activities (e.g. mercury use for artisanal and small-scale gold mining, improper waste burning, working for manufacturing processes using mercury such as chlor-alkali production, etc.) are concerned about the exposure to high concentrations of mercury by the inhalation of volatized elemental mercury.

大気中に放出された人為起源の水銀は、地球上に広く長時間にわたり残留し、全球規模の生態系へ影響を与えるため、水銀汚染は全世界で取り組む課題である。一方、局所的に高濃度の水銀のばく露を受ける恐れがあるのは水銀を使用している環境、例えば Artisanal and Small-scale Gold Mining (以下、ASGM)での水銀使用や廃棄物の不適切な焼却、塩素アルカリプラントなどの水銀使用施設で従事する人々の無機水銀の吸入である。

In the incineration of waste, which contains mercury-added products such as fluorescent lamps or e-waste with electric and electronic appliances composed of mercury-using parts, there are both concerns about the contribution to the global mercury emission and health of the workers and neighbouring residents who may be exposed to high level of mercury. As absorption rate of inhaled inorganic mercury vapour is very high, it is one of the health risk concerns on mercury exposure. However, still very few data are available to understand the situation of waste burning in the field.

蛍光灯などの水銀使用製品や水銀を含む蛍光管が使用されている電気・電子機器廃棄物 (e-waste) の燃焼では多量の水銀が揮発し、作業員及び周辺住民が高濃度の無機水銀ばく露にさらされる危険がある。無機水銀の吸入による身体への吸収効率は非常に高く、健康リスクとして懸念されるべき問題の一つと考えられるが、廃棄物燃焼の現場におけるばく露状況においては未だデータが少ないのが現状である。

This survey provided demonstrations of mercury monitoring for waste management facilities where mercury-added products are disposed of. It provided environmental monitoring institutions and governmental organizations for strengthening their mercury management capacity. The survey included ambient air monitoring, mercury emission monitoring due to waste burning, mercury monitoring in leachate and waste, and hair mercury monitoring for site workers and neighbouring residents.

本業務では、水銀使用製品が処分されている廃棄物処分場において、現地の環境モニタリング機関または政府機関の関係者に対して、周辺大気中の水銀の測定、燃焼起源の大気への水銀放出量の測定、浸出水や廃棄物中の水銀の測定、作業員や周辺住民の毛髪中水銀の測定に関するデモンストレーションを実施し、途上国技術者の能力強化を支援した。

4.1.1 Scope of works

Mercury monitoring provides basic data on environmental and biological mercury concentration for developing mercury management and evaluating effectiveness of measures. Developing countries should develop basic skills for mercury monitoring in order to improve their capacity to develop monitoring plan, undertake mercury monitoring, and analyse the results. In this fiscal year, we

continued the same demonstration of the mercury monitoring for waste management facilities conducted in last fiscal year, envisioning the use of mercury monitoring technologies for their solid waste management.

水銀モニタリングは、環境中・生体中の水銀濃度を知ることにより、水銀対策立案及び対策効果評価の基礎情報となる。途上国においては水銀モニタリングの基礎的な技能を習得して、調査計画を立てて実際に水銀モニタリングを実施し、結果を解析するという能力の向上も求められる。本年度は、昨年度に引き続き廃棄物管理における水銀モニタリング技術の活用を視野に、廃棄物処分場周辺の水銀モニタリングのデモンストレーションを実施した。

We provided the demonstrations of mercury survey methodologies for waste management facilities and/or open burning sites in two developing countries (Nigeria and Cameroon) to local institutions in charge of environmental monitoring, and reported the analytical results of the samples. In addition, we surveyed the current situation of human resources, instruments, and programmes of local environmental laboratories to assess the capacity of mercury monitoring. The results of discussions with the technicians of the institutions on challenges and assistance needs were also compiled. The survey of environmental monitoring facilities is reported in Section 4.1.7¹.

途上国 2 カ国(ナイジェリア、カメルーン)において廃棄物処分場あるいは廃棄物の野焼きが行われている地点における水銀汚染の実態について、現地の環境モニタリングを行っている機関に対して調査手法のデモンストレーションを行うとともに、実際に試料を分析して結果を報告した。併せて、現地の環境モニタリング施設の実態を調査し、人材、器材、既存のプログラム等を検討の上、今後水銀モニタリングについてどの程度の実施能力を持つことが出来るかについて考察した。また、現地の当該施設の技術者とその難易度や技術支援ニーズなどについて意見交換を行い、結果を取りまとめた。環境モニタリング施設の実態調査については、4.1.7 に後述する。

Preliminary surveys were conducted to identify the waste management facilities where open burning occurred (both intentional and unintentional combustion), and to discuss the site selection and survey arrangement with local stakeholders. It was informed that waste combustion usually occurs in dry season at Gosa Waste Management Facility in Abuja, the capital city of Nigeria. Also, it was confirmed that open burning usually occurs at a waste disposal site in Bafia located 120km north-west of Yaoundé, the capital city of Cameroon, while open burning was not observed at waste landfilling facility in the capital. We discussed with the local stakeholders and concluded that the survey would take place at Gosa Waste Management Facility in Abuja, Nigeria for 3 days and at Nkol Foulou Waste Landfilling Facility in Yaoundé, Cameroon for 1 day, at/around waste incinerator of Central Hospital in Yaoundé for 1 day, and at the waste disposal site in Bafia for 1 day.

デモンストレーションの実施は、燃焼(意図的な焼却と自然発火の両方を対象とする)が発生している廃棄物処分場を対象とするため、候補地の選定及び実施に向けた現地関係者との調整のために予備調査を実施した。予備調査の結果、ナイジェリアでは首都アブジャの Gosa 廃棄物処分場で乾季には例年燃焼しているとの情報を得る事が出来た。また、カメルーンにおいては、首都ヤウンデの廃棄物処分場では燃焼が起こっていないものの、ヤウンデから 120 kmほど北西に離れたバフィア市内の廃棄物投棄場において燃焼を確認することが出来た。現地関係者との協議の結果、ナイジェリアではアブジャの Gosa 廃棄物処分場で 3 日間、カメルーンではヤウンデの Nkol Foulou 廃棄物処分場で 1 日、ヤウンデ市内の中央病院の廃棄物焼却施設付近で 1 日、バフィア市内の廃棄物投棄場で 1 日の調査を行う事となった。

Survey plans were developed and finalised in consultation with the persons in charge of Ministry of Environment of survey countries in advance. A Japanese expert (Dr. Go Suzuki, Material Cycles Science and Engineering Research Section, Center for Material Cycles and Waste Management Research, National Institute for Environmental Studies) who are undertaking environmental studies

¹ Note from translator: Section 4.1.7 is not translated.

was engaged to travel together with the survey team to extract challenges and to advise countermeasures. Dr. Suzuki was paid in accordance with Act on Travel Expenses of National Public Officers.

本調査にあたっては、事前に調査計画を作成し、内容について現地国環境省担当官と協議の上確定した。また、環境問題に取り組んでいる日本の専門家(国立環境研究所 資源循環・廃棄物研究センター 基盤技術・物質管理研究室 鈴木剛 氏)に旅費法に準じた旅費を支払った上で同行してもらい、課題の抽出と対策の立案を依頼した。

The outlines of survey sites and local stakeholder institutions are described in Table 4.1-1.

本業務にて調査を行った対象国と現地関係機関及び廃棄物処分場を表 4.1-1 に示す。

Table 4.1-1 Survey countries, agencies, and waste disposal sites

Country	Federal Republic of Nigeria	République du Cameroun
Preliminary survey	4-8 November 2019 (5 days)	20-22 November 2019 (3 days)
Main survey	20-24 January 2020 (5 days)	16-21 February 2020 (6 days)
Stakeholder agencies *1	<ul style="list-style-type: none"> · FMOE · FMOH · AEPB · LASEPA · Lagos MOE · LAWMA 	<ul style="list-style-type: none"> · MINEPDED · MINSANTE · CREPD · Hysacam (disposal site management company)
Disposal sites visited *2	<ul style="list-style-type: none"> · (X) Gosa Waste Management Facility (Abuja) · Olusosun Waste Management Facility (Lagos) 	<ul style="list-style-type: none"> · (X) Nkol Foulou Waste Landfilling Facility (Yaoundé) · (X) Central Hospital (Yaoundé) · (X) Waste disposal site (Bafia)
Participants to the demonstration	<ul style="list-style-type: none"> · 7 from FMOE · 5 from AEPB · 2 from University of Benin · 1 from Igbinedion University 	<ul style="list-style-type: none"> · 15 from MINEPDED · 2 from MINSANTE · 1 from NGO

Notes:

*1: Acronyms are spelled out as follows:

Nigeria

- FMOE: Federal Ministry of Environment
- FMOH: Federal Ministry of Health
- AEPB: Abuja Environmental Protection Board
- LASEPA: Lagos State Environmental Protection Agency
- Lagos MOE: Lagos State Ministry of the Environment
- LAWMA: Lagos Waste Management Authority

Cameroon

- MINEPDED: Ministry of Environment, Protection and Nature and Sustainable Development
- MINSANTE: Ministry of Public Health
- CREPD: Center for research and education for development

*2: (X) marks indicate the facilities selected for main surveys.

(1) Ambient air monitoring

Ambient mercury concentration was analysed at/around waste management facilities/ waste burning sites as the part of the demonstration by using a portable mercury analyser. In addition, ambient air sampling was conducted by gold amalgam trap method, a Japanese standard method. The procedures to the sampling were instructed to the participants from local environmental monitoring institutions and/or government agencies, and the challenges and assistance needs for conducting this activity by themselves were discussed. The results of discussions are described in Section 4.1.7.

廃棄物処分場内または廃棄物燃焼施設の周辺において携帯型水銀測定装置を用いた大気中水銀濃度の分布調査のデモンストレーションを実施した。また、合わせて日本方式の金アマルガム捕集法(以下、金カラム法)を用いた大気のサンプリングを行い、その操作全般について現地の環境モニタリング機関の技術者または政府機関の関係者に指導を行うとともに、各国においてこの方法でモニタリングを実施するに当たっての課題、必要とする支援について協議した。協議の結果は、4.1.7に後述する。

Analytical tools brought from Japan are listed in Table 4.1-2 and Annex 4.1.1 and field books for demonstration is enclosed in Annex 4.1.2².

日本から持ち込んだ主な調査器材を表 4.1 2 及び参考資料 4.1.1 に、デモンストレーションに用いた調査野帳を参考資料 4.1.2 に示す。

Mercury trap tubes were initially planned to hand over to local analytical institutions for their analysis and the duplicates and travel blanks were brought back to Japan for cross-check. However, the surveying countries of this fiscal year did not have analytical facilities so that all collected samples were brought back to Japan to analyse the total mercury values. The results were reported back to the surveying countries.

なお、デモンストレーションに使用した水銀捕集管は、分析のために現地のモニタリング機関に引き渡すほか、クロスチェックのためデュプリケート及びトラベルブランクを日本に持ち帰り総水銀の値を分析して各国に通知する予定であったが、本年度の対象国は分析施設を有していないため、全量を日本に持ち帰り総水銀の値を分析して各国に通知した。

The result of the survey is presented by country in Section 4.1.2 onward.

デモンストレーションの結果は、次項 4.1.2 より国ごとに取りまとめた。

Table 4.1-2 Air monitoring tools brought from Japan

Item	Quantity
Portable mercury analyser	1 unit
Mercury trap tube	10 pcs.
FEP tube	3 pcs.
Teflon connector (reducer 4mm – 6mmD)	3 pcs.
Teflon connector (6mmD)	3 pcs.
Mini pump	3 units
Thermometer	1 pc.
Stand for mercury trap	3 sets

² Note from translator: Annex 4.1.1 and 4.1.2 are not translated.

Item	Quantity
Rain cover box (substitute tent)	2 pcs.
Battery and charger (substitute power cable)	3 sets
Soda lime tube	10 pcs.
PVC pipe	3 pcs.
Tarpaulin	1 pc.
GPS	1 unit
Anemometer	1 pc.

(2) Mercury emission flux monitoring

Mercury flux emitted from surface of waste disposal sites (waste) at unit area in unit time was analysed as the part of the demonstration. The soil surface was covered with a flux chamber and mercury emission was sucked to the mercury analyser. The result of the survey is presented by country in Section 4.1.2 onward.

廃棄物処分場の地表面(廃棄物)から単位時間単位面積あたりに排出される水銀の量(フラックス)を調査するデモンストレーションを実施した。デモンストレーションでは、地表面から発散する水銀を捕捉できる容器で地表を覆い、発散した水銀を分析装置に導入して測定を行った。デモンストレーションの結果は、次項 4.1.2 より国ごとに取りまとめた。

Analytical tools brought from Japan are listed in Table 4.1-3 and Annex 4.1.1 and field books for demonstration is enclosed in Annex 4.1.2.

日本から持ち込んだ主な調査器材を表 4.1 3 及び参考資料 4.1.1 に、デモンストレーションに用いた調査野帳を参考資料 4.1.2 に示す。

Table 4.1-3 Mercury emission flux monitoring tools brought from Japan

Item	Quantity
Mercury collection system	1 set
Machine base	1 pc.
Soil moisture meter	1 pc.
Illuminometer, hygrometer	1 pc.

(3) Water monitoring

The demonstrations for sampling of leachate water from waste disposal sites were conducted. The sampling procedures to stabilise mercury to avoid evaporation were instructed to the participants from local environmental monitoring institutions and/or government agencies, and the challenges and assistance needs for conducting this activity by themselves were discussed. The results of discussions are described in Section 4.1.7. The result of the survey is presented by country in Section 4.1.2 onward. Analytical tools brought from Japan are listed in Table 4.1-4 and Annex 4.1.1 and field books for demonstration is enclosed in Annex 4.1.2.

廃棄物処分場の浸出水の採水デモンストレーションを実施した。デモンストレーションにあたっては、水銀の安定化、揮散防止等の操作全般にわたって現地環境モニタリング機関の技術者または政府機関の関係

者に指導を行うとともに、この方法を実施するにあたっての課題、必要とされる支援について協議した。協議の結果は、4.1.7に後述する。また、デモンストレーションの結果は、次項 4.1.2 より国ごとに取りまとめた。日本から持ち込んだ主な調査器材を表 4.1 4 及び参考資料 4.1.1 に、デモンストレーションに用いた調査野帳を参考資料 4.1.2 に示す。

The leachate water samples were initially planned to hand over to local analytical institutions for their analysis and the duplicates were brought back to Japan for cross-check to inform the results. However, the surveying countries of this fiscal year did not have analytical facilities so that all collected samples were brought back to Japan to analyse the total mercury values. The results were reported back to the surveying countries.

なお、デモンストレーションで採取した浸出水は、分析のために現地のモニタリング機関に引き渡すほか、クロスチェックのためデュプリケートを日本に持ち帰り総水銀の値を分析して各国に通知する予定であったが、本年度の対象国は分析施設を有していなかったため、全量を日本に持ち帰り総水銀の値を分析して各国に通知した。

Table 4.1-4 Water monitoring tools brought from Japan

Item	Quantity
Water container (1000 mL)	15 pcs.
Beaker with handle (2 L)	1 pc.
Scoop	1 pc.
Thermometer	1 pc.
Rope	1 strand
pH meter	1 set

(4) Waste monitoring

The demonstrations for sampling of solid waste from waste disposal sites were conducted. The result of the survey is presented by country in Section 4.1.2 onward. Analytical tools brought from Japan are listed in Table 4.1-5 and Annex 4.1.1 and field books for demonstration is enclosed in Annex 4.1.2.

廃棄物処分場の廃棄物サンプリングのデモンストレーションを実施した。デモンストレーションの結果は、次項 4.1.2 より国ごとに取りまとめた。日本から持ち込んだ主な調査器材を表 4.1 5 及び参考資料 4.1.1 に、デモンストレーションに用いた調査野帳を参考資料 4.1.2 に示す。

The samples were initially planned to hand over to local analytical institutions for their analysis and the duplicates were brought back to Japan for cross-check to inform the results. However, the surveying countries of this fiscal year did not have analytical facilities so that all collected samples were brought back to Japan to analyse the total mercury values. The results were reported back to the surveying countries.

なお、デモンストレーションで採取した試料は、分析のために現地のモニタリング機関に引き渡すほか、クロスチェックのためデュプリケートを日本に持ち帰り総水銀の値を分析して各国に通知する予定であったが、本年度の対象国は分析施設を有していなかったため、全量を日本に持ち帰り総水銀の値を分析して各国に通知した。

Table 4.1-5 Solid waste monitoring tools brought from Japan

Item	Quantity
Vacuum storage bag (substitute sampling container)	12 pcs.
Scoop	3 pcs.

The collected waste samples were classified with Table 4.1-6 and weighed to estimate the composition of waste types.

採取した廃棄物については、内容を表 4.1 6 に示した種類別に取り分け、重量を測定することでおよその種類毎の廃棄物構成比を求めた。

Table 4.1-6 Classification of solid waste composition

No.	Type
1	Food waste, etc.
2	Paper
3	Plastic
4	Cloth, textile
5	Plant (timber, etc.)
6	Non-combustible (metal, glass, etc.), others

It was originally planned to segregate mercury-added products such as fluorescent lamps, thermometers, batteries from waste. No mercury-added product was found in the collected waste samples.

この他、蛍光灯や体温計、電池等の水銀使用製品が認められた場合はこの分類によらず取り分けることとしたが、実際には試料中にこれらの水銀使用製品は認められなかった。

Considering the content of large pieces in waste samples, which are difficult to homogenize properly, following analytical treatment was employed. The mercury concentrations in different classifications will provide useful information for future study.

廃棄物試料は、個々のサイズが大きく、また粉砕などの手段による全体の均質化が困難であったこと、廃棄物中の総水銀濃度に関する情報として、構成分類毎の濃度が今後有用な情報となり得ると考えられたことから、下記の手法により行った。

Specimens of each classification item were collected from waste samples and shredded and homogenized for mercury analysis. Total mercury was analysed by using USEPA Method 7473 (thermal decomposition atomic absorption spectrometry).

採取した各廃棄物試料から、構成分類別に一定量を採取し、裁断、粉砕混合を行い水銀の測定を行った。総水銀の分析方法は USEPA Method 7473 (加熱気化原子吸光分析法)に準拠した。

The concentration results were weighed with their composition and added up to assume the total mercury concentration of the respective samples.

構成物毎の水銀濃度に対して、各構成分類の比率毎に測定結果を掛け合わせて算出し、その和を試料中の水銀濃度とした。

(5) Hair monitoring for neighbouring residents

The demonstrations for sampling of human hair of the residents³ neighbouring waste disposal sites were conducted in accordance with the WHO methodology. The sampling procedures were instructed to the participants from local environmental monitoring institutions and/or government agencies, and the challenges and assistance needs for conducting this activity by themselves were discussed. The results of discussions are described in Section 4.1.7. The result of the survey is presented by country in Section 4.1.2 onward. Analytical tools brought from Japan are listed in Table 4.1-7 and Annex 4.1.1 and field books for demonstration is enclosed in Annex 4.1.2.

廃棄物処分場の周辺住民の毛髪を WHO の方法論に基づいてサンプリングをするデモンストレーションを行った。その操作全般について現地の技術者または政府機関の関係者に指導を行うとともに課題、必要とする支援について協議した。協議の結果は、4.1.7 に後述する。また、デモンストレーションの結果は、次項 4.1.2 より国ごとに取りまとめた。日本から持ち込んだ主な調査器材を表 4.1 7 及び参考資料 4.1.1 に、デモンストレーションに用いた調査野帳を参考資料 4.1.2 に示す。

The samples were initially planned to hand over to local analytical institutions for their analysis and the duplicates were brought back to Japan for cross-check to inform the total mercury results. However, the surveying countries of this fiscal year did not have analytical facilities so that all collected samples were brought back to Japan to analyse the total mercury and methylmercury values. The results were carefully handled ensure the privacy and only statistical data (average, maximum, etc.) were reported back to the surveying countries to avoid the identification of individuals.

なお、デモンストレーションで採取した試料は、分析のために現地のモニタリング機関に引き渡すほか、クロスチェックのためデュプリケートを日本に持ち帰り総水銀の値を分析して各国に通知する予定であったが、本年度の対象国は分析施設を有していなかったため、全量を日本に持ち帰り総水銀及びメチル水銀の値を分析して、個人が特定されないよう個人情報の取扱いに注意し、その統計値(平均値、最大値等)を通知した。

The hair sampling was not permitted in Cameroon, to be described later, so that no sampling was conducted for neighbouring residents but only sampling demonstration to the company's employees was conducted.

なお、後述のとおりカメルーンでは毛髪を採取する許可が下りなかったため、当社職員の毛髪を採取するデモンストレーションのみを実施し、周辺住民のサンプリングは行わなかった。

Table 4.1-7 Hair monitoring tools brought from Japan

Item	Quantity
Scissors for haircut	3 pcs.
Tweezers	2 pcs.
Graph paper	1 ream
Foldable chair	1 pc.

4.1.2 Bill of quantity

³ Note from translator: It should be workers instead of residents.

The quantity of analyses conducted for the monitoring demonstrations in developing countries are listed in Table 4.1-8.

途上国で実施したモニタリングのデモンストレーションの分析数量を表 4.1 8 に示す。

The analyses in excess to the contract specification (11 in total) were adjusted, in consultation with Ministry of the Environment, with other part of the contract, i.e. ambient air monitoring training for mercury monitoring technicians, where samples were unable to be collected (refer to Section 4.2.4⁴, result of training).

仕様書に記された数量を超過した 11 検体については、環境省担当官と協議の上、同業務内の「水銀モニタリング技術者への一般大気モニタリング研修」において、対象国において試料採取が実施されず未実施となった大気の 11 検体(4.2.4 研修における成果、参照)と数量を調整した。

Table 4.1-8 Quantity of monitoring demonstration

Item	Nigeria	Cameroon	Difference
Air (onsite)	1 (1)	1 (1)	0
Air (gold trap)	9 (5)	9 (5)	+8
Flux	1 (1)	1 (1)	0
Water	4 (3)	3 (3)	+1
Waste	3 (3)	3 (3)	0
Hair	22 (10)	0 (10)	+2
Total			+11

Note: Quantity in the table includes duplicates.

Numbers in the brackets indicate the quantities in the contract specification.

4.1.3 Survey results for Nigeria

(1) Outline of waste management facilities

Preliminary survey was conducted in Lagos, the largest city in Nigeria, and in Abuja, its capital to identify the survey site. It was informed that Olusosun in Lagos was managed to avoid waste incineration and spontaneous ignition. Gosa was selected as the survey site as it was also informed that the fire occurred in every dry season.

調査施設の選定は、ナイジェリアの最大都市ラゴスと首都アブジャの処分場を候補として予備調査を実施した。その結果、ラゴスの Olusosun では焼却や自然発火等が起こらないように管理されていたため、乾季には毎年火災が起きているとの情報を得ることの出来たアブジャの Gosa を調査施設に選定した。


The overview of the surveying facility is described in Table 4.1-9.

調査施設の概要を表 4.1 9 に示す。

Table 4.1-9 Overview of surveying facility

Name of facility	Gosa Waste Management Facility
Administration, Operator	Abuja Environmental Protection Board (AEPB)

⁴ Note from translator: Section 4.2.4 is not translated.

Established	2005 (first established in 1982 and closed the operation between 1992-2005)
Area	90.8ha
Operating hour	24 h
Workers	Approx. 1,000 waste separators
Carrying waste amount	900 - 1,000t / day
Way of waste collection	Waste is collected from depot and carried to disposal site
Type of management	Open dumping, no underlining protection layer, no soil cover
Type of waste	All types of general waste (municipal waste and industrial waste)
Leachate	No treatment
Generated gas	No collecting pipe
Open Burning	Spontaneous ignition at many locations, No fire extinguishing facility
Waste pickers	Approx. 1,000
	

(2) Outline of survey sites

The sampling locations of surveying facility, Gosa, is described in Figure 4.1-1.

調査対象とした GOSA における試料採取地点の概要を図 4.1 1 に示す。

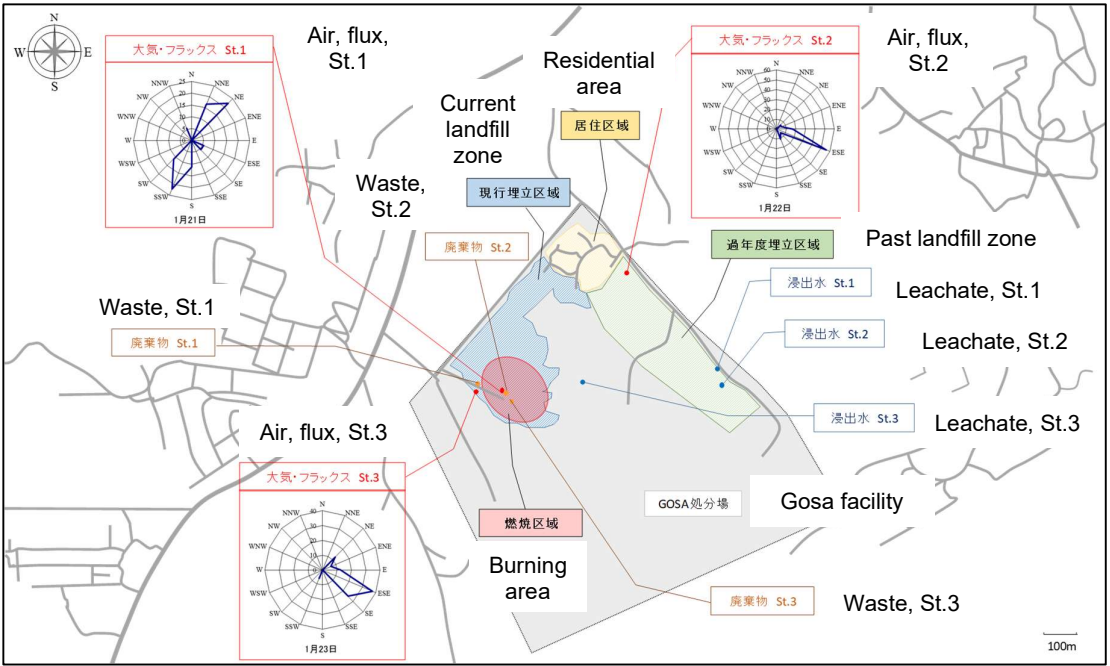


Figure 4.1-1 Outline map for sampling locations at Gosa

(3) Result of ambient air monitoring

Numbers of burning sites were identified in the current landfill zone of the facility, atmospheric air monitoring was conducted at following 3 locations: within burning site (Air, flux, St.1), proximity to residential area in the facility (Air, flux, St.2), and boundary between burning and non-burning areas (Ais, flux, St.3). 2-3 sampling points were set in each location and 30-minute samplings using the portable analyser were conducted at least twice per the sampling point. At the same time, ambient air was collected by gold trap method. Duplicate sampling was employed using 2 gold columns in one sampling activity. The participants to the demonstration received the explanation of principles and procedures of the survey methods, objective of the survey, record keeping, etc.

処分場内の現稼働(埋立)区域において多数の燃焼箇所がみられたことから、大気の測定地点として、燃焼区域内の1地点(大気・フラックス St.1)、処分場内の居住区域付近の1地点(大気・フラックス St.2)、燃焼区域と非燃焼区域との境界の1地点(大気・フラックス St.3)の3地点において、2~3点の測定点を設定し携帯型水銀測定器を用いて30分間のサンプリング測定を2回以上実施してその平均値を大気水銀濃度とした。また、並行して金カラム法による大気中水銀捕集を実施した。試料(金カラム)は各地点2本ずつ採取しデュプリケートを実施した。デモンストレーションの参加者へは、各調査方法の手順や原理を説明するとともに、調査意義、記録の取り方等についても説明した。

Mercury was detected in ambient air by the portable analyser, which were 16-79 ng/m³ (St.1), 2.0-3.1 ng/m³ (St.2), and 17-160 ng/m³ (St.3). Mercury levels by gold trap method were 43 ng/m³ (St.1), 3.3 ng/m³ (St.2), and 43 ng/m³ (St.3).

携帯型水銀測定器を用いた大気モニタリングの結果、St.1からは16~79ng/m³、St.2からは2.0~3.1ng/m³、St.3からは17~160ng/m³の水銀が検出された。金カラム法による大気モニタリングでは、St.1で43ng/m³、St.2では3.3ng/m³、St.3では43ng/m³となった。

The results of the atmospheric monitoring survey are indicated in Table 4.1-10 and Table 4.1-11. The photos of the site demonstration were enclosed in Annex 4.1.3⁵.

大気のモニタリング調査結果を表 4.1 10 及び表 4.1 11 に示す。なお、デモンストレーションの様子は参考資料 4.1.3 の調査写真に示す。

Table 4.1-10 Result of atmospheric mercury survey (portable analyser)

Station No.	Date	Time	Lat. / Long.	Height of measurement (cm)	Mercury conc. (ng/m3)	Air temp. (°C)	Humidity (%)	Atm. pressure (hPa)
St.1-1	21 Jan. 2020	11:53-12:57	N9°01'29"/E7°20'08"	70	16	37	12	964.1
St.1-2	21 Jan. 2020	12:57-14:03	N9°01'29"/E7°20'07"	70	79	39	8	963.0
St.2-1	22 Jan. 2020	11:03-12:08	N9°01'39"/E7°20'19"	70	2.0	36	7	957.1
St.2-2	22 Jan. 2020	12:10-13:14	N9°01'41"/E7°20'19"	70	3.1	37	6	954.5
St.2-3	22. Jan. 2020	13:19-14:24	N9°01'38"/E7°20'19"	70	2.3	38	5	954.1
St.3-1	23 Jan. 2020	10:27-11:31	N9°01'29"/E7°20'05"	70	47	35	7	961.7
St.3-2	23 Jan. 2020	11:33-12:37	N9°01'29"/E7°20'06"	70	160	35	6	963.0
St.3-3	23 Jan. 2020	12:41-13:45	N9°01'29"/E7°20'05"	70	17	35	6	962.2

Table 4.1-11 Result of atmospheric mercury survey (gold amalgamation trap method)

Station No.	Date	Time	Lat. / Long.	Height of measurement (cm)	Vol. (L)	Mercury conc. (ng/m3)	Mercury conc. (ave.) (ng/m3)
St.1	21 Jan. 2020	12:11-15:14	N9°01'29"/E7°20'08"	150	91.5	300*	-
					91.4	43	
St.2	22. Jan. 2020	11:10-14:16	N9°01'40"/E7°20'20"	150	93.0	3.7	3.3
					92.9	2.8	
St.3	23 Jan. 2020	10:37-13:37	N9°01'29"/E7°20'05"	150	89.8	43	-
					89.6	200*	
TBL-1	-	-	-	-	-	<0.13	-
TBL-2	-	-	-	-	-	<0.13	-
TBL-3	-	-	-	-	-	<0.13	-

Note: * mercury values of 300 ng/m3 (St.1) and 200 ng/m3 (St.3) were not considered and put here as reference only. It may have caused by the interference of the substances in the waste burning fume, which resulted in the excessive readings.

⁵ Note from translator: Annex 4.1.3 is not translated.

(4) Result of mercury emission flux monitoring

Mercury emission flux monitoring was conducted to obtain mercury amount emitted from waste surface of the facility to atmosphere.

廃棄物処分場表面から大気中へ放出される水銀量に関する情報を得るため、水銀排出フラックス調査を実施した。

The survey employed flux chamber, a plastic receptacle (17.0 cm in diameter, 8.0 cm in depth, 227 cm² of covering surface, and 1,815 cm³ capacity) covering landfill surface and sucked air at a rate of 0.4 L/min to collect mercury emitted from land surface. Mercury-free air of the effluent of the mercury analyser was returned to the receptacle to ensure only mercury from land surface flowed into the system. The mercury amounts of 6 consecutive samplings with 30 minute each were added up. Finally, mercury in the receptacle at the start of the sampling was subtracted. The participants to the demonstration received the explanation of principles and procedures of the survey methods, objective of the survey, record keeping, etc.

調査は、廃棄物処分場の一部表面を樹脂製の容器(直径 17.0cm、深さ 8.0cm、対地捕集面積 227cm²、容積 1,815cm³)で覆い、流速約 0.4L/min で大気を吸引して地表から放出される水銀を捕集した。樹脂製容器へは携帯型水銀測定装置を通過した水銀を含まない空気を戻すことによって、地表から排出される水銀のみを捕集できるように工夫した。水銀放出量の算出にあたっては、30分サンプリングを6回連続して実施し、その測定値の和からサンプリング開始時の樹脂容器内空気の水銀量を差し引いて算出した。デモンストレーション参加者へは、各調査方法の手順や原理等を説明するとともに、調査意義、記録の取り方等についても説明した。

Mercury emissions were calculated as 91 ng/m²/hr (St.1), 94 ng/m²/hr (St.2), and 34 ng/m²/hr (St.3).

調査の結果、St.1からは91ng/m²/hr、St.2からは94ng/m²/hr、St.3からは34ng/m²/hrの水銀の放出が確認された。

The results of the emission flux survey are indicated in Table 4.1-12. The photos of the site demonstration were enclosed in Annex 4.1.3.

水銀排出フラックスのモニタリング調査結果を表 4.1 12 に示す。なお、デモンストレーションの様子は参考資料 4.1.3 の調査写真に示す。

Table 4.1-12 Result of emission survey

Station No.	Date	Time	Lat. / Long.	Emission rate (ng/m ² /hr)	Mercury (ng)	Air temp. (°C)	Humidity (%)	Surface temp. (°C)	Surface moist. (%)
St.1	21 Jan. 2020	11:55-15:05	N9°01'29"/E7°20'08"	91	0.695	48	9	50	5
					0.984	53	6	57	5
					1.086	52	6	60	5
					1.120	50	7	64	5
					1.402	53	6	65	5
					1.185	55	5	64	5
St.2	21 Jan. 2020	11:39-14:50	N9°01'39"/E7°20'19"	94	0.628	42	8	52	7
					1.234	43	7	58	7

Station No.	Date	Time	Lat. / Long.	Emission rate (ng/m2/hr)	Mercury (ng)	Air temp. (°C)	Humidity (%)	Surface temp. (°C)	Surface moist. (%)
					1.205	43	6	59	7
					1.416	44	6	60	7
					0.915	44	6	54	7
					1.013	46	5	52	7
St.3	23 Jan. 2020	10:29-13:41	N9°01'28"/E7°20'05"	34	0.548	42	9	41	15
					0.457	44	8	44	15
					0.840	43	7	41	15
					0.525	43	7	41	15
					0.404	43	7	41	15
					0.420	45	6	42	15

(5) Result of water monitoring

There was no leachate around current landfill zone of Gosa facility. Stagnant water at past landfill zone was collected as St.1. and St.2 (2 locations). St.3 was the location where permeated leachate from landfill was finally flowing out. 5L of leachate water was sampled in each location. The participants to the demonstration received the explanation of procedures of the survey methods, objective of the survey, record keeping, etc.

Gosa の現埋立区域付近には浸出水がみられなかったため、過年度の埋立区域の脇に溜まっていた 2 箇所の浸出水を St.1 及び St.2 として採取した。St.3 については埋立区域を浸透した浸出水が溜まって流出している地点とした。各調査地点において 5 L の浸出水を採取した。デモンストレーション参加者へは、各調査方法の手順を説明するとともに、調査意義、記録の取り方等についても説明した。

Mercury in collected leachate was detected as 68 ng/L (St.1) and 170 ng/L (St.2). Mercury in St.3 was below the detection limit (54 ng/L).

持ち帰った浸出水を分析したところ、St.1 で 68ng/L、St.2 で 170ng/L の水銀が検出された。St.3 で採取した浸出水については、検出下限値 (54ng/L) 以下となった。

The duplicate analysis for St.1 resulted in 62 ng/L, whose deviation was 9.2%. This result sufficiently fulfils the acceptance criteria of the duplicate analysis, i.e. within 30% deviation from average (Manual for environmental survey of chemicals, FY2015).

また、St.1 の浸出水を用いて二重測定を実施したところ、その結果は 62ng/L となり両測定値の差は 9.2% となった。この結果は、二重測定の基準としている各々の測定値の差が平均値の 30% 以内 (化学物質環境実態調査実施の手引き (平成 27 年度版) 参照) を十分満たす結果であった。

The results of the leachate water survey are indicated in Table 4.1-13. The photos of the site demonstration were enclosed in Annex 4.1.3.

水のモニタリング調査結果を表 4.1 13 に示す。なお、デモンストレーションの様子は参考資料 4.1.3 の調査写真に示す。

Table 4.1-13 Result of leachate water survey

Station No.	Date	Time	Lat. / Long.	pH	Mercury conc. (ng/L)
St.1 (duplicate analysis)	21 Jan. 2020	13:40	N9°01'31"/ E7°20'29"	8.4	68
					62
St.2	21 Jan. 2020	14:00	N9°01'30"/ E7°20'29"	7.0	170
St.3	21 Jan. 2020	14:40	N9°01'30"/ E7°20'16"	7.8	<54

(6) Result of waste monitoring

Waste was collected from 3 locations in the burning area (current landfill zone) where the waste type was representative in the facility. The participants to the demonstration received the explanation of procedures of the survey methods, objective of the survey, record keeping, etc.

処分場の廃棄物について、燃焼区域(現稼働区域)内の3箇所から代表的と思われる試料を採取した。デモンストレーション参加者へは、各調査方法の手順を説明するとともに、記録の取り方等についても説明した。

Collected samples were brought back to Japan and total mercury was analysed. Mercury concentrations in waste samples were 29-530 ng/g.

採取した試料は日本へ持ち帰り総水銀の分析を行った。分析の結果、廃棄物中の水銀濃度は、29～530ng/gであった。

The results of the waste survey are indicated in Table 4.1-14. The photos of the site demonstration were enclosed in Annex 4.1.3.

廃棄物のモニタリング調査結果を表 4.1 14 に示す。なお、デモンストレーションの様子は参考資料 4.1.3 の調査写真に示す。

Table 4.1-14 Result of waste survey

Station No.	Date	Time	Lat. / Long.	Moisture (%)	Mercury conc. (ng/g-dry)	Waste composition (weight basis)
St.1	23 Jan. 2020	10:50	N9°01'26"/ E7°20'05"	20.9	29	Food residue: 11.8% Paper: 9.5% Plastic: 37.9% Textile: 17.6% Plant (timber, etc.): 23.2%
St.2	23 Jan. 2020	11:00	N9°01'29"/ E7°20'08"	1.9	530	Paper: 19.9% Plastic: 53.9% Textile: 26.2%
St.3	23 Jan. 2020	11:10	N9°01'28"/ E7°20'08"	5.8	45	Food residue: 4.6% Paper: 29.8% Plastic: 26.2% Textile: 16.9% Plant (timber, etc.): 22.5%

(7) Result of hair monitoring for neighbouring residents

Hair samples were collected from 20 workers in the facility. Hair sampling was initially conducted for a few people as the demonstration, and then the participants to the demonstration also undertook the sampling exercise. The participants received the explanation of principles and procedures of the survey methods, adverse health effects inferable by hair mercury, objective of the survey, record keeping, etc.

処分場の作業員 20 名から毛髪を採取した。毛髪の採取は、まず数名分の毛髪を用いてデモンストレーションを実施した後、デモンストレーションの参加者によっても行われた。その際にサンプリング方法の手順や原理、毛髪に含まれる水銀から推察できる健康被害等を説明するとともに、調査意義、記録の取り方等について説明した。

Collected samples were brought back to Japan and total mercury and methylmercury were analysed. Total mercury concentrations for 20 samples were in a range of 0.036 to 170µg/g with the average of 11µg/g (assuming 0 (zero) for ND samples). Methylmercury concentration were in a range of non-detectable (below 0.02) to 0.35µg/g with the average of 0.07µg/g (assuming 0 (zero) for ND samples). Methylmercury concentrations of the 4 samples with total mercury above 1.0µg/g were very low, which indicated the external contamination.

採取した毛髪は日本へ持ち帰り総水銀及びメチル水銀の分析を行った。分析の結果、採取した 20 名の毛髪中総水銀濃度は 0.036～170µg/g の範囲にあり、平均は 11µg/g であった。また、メチル水銀は不検出 (0.02 未満)～0.35µg/g の範囲にあり、検出下限未満を 0 (ゼロ) として算出した場合の平均は 0.07µg/g であった。総水銀が 1.0µg/g 以上検出された 4 名のメチル水銀濃度は非常に低かったことから、外部付着が考えられた。

Mercury contamination may occur for those who live in the environment with high ambient mercury level or those who use mercury-containing hair care products. The same concern in last year was indicated again that particular attention should be in place when assessing health impacts by using total mercury in hair.

大気中の水銀濃度が高い環境で生活している場合や整髪料に水銀が含まれている場合、毛髪表面への水銀付着が考えられるため、毛髪の総水銀濃度を用いた健康影響評価には注意が必要であることが昨年に引き続き示された。

The results of the hair survey are indicated in Table 4.1-15. The photos of the site demonstration were enclosed in Annex 4.1.3.

毛髪のモニタリング調査結果を表 4.1 15 に示す。なお、デモンストレーションの様子は参考資料 4.1.3 の調査写真に示す。

Table 4.1-15 Result of hair analysis

No.	Gender	Age	Total mercury (µg/g)	Methylmercury (µg/g)	Methylmercury / Total mercury
1	M	28	0.058	<0.02	-
2	M	23	0.18	<0.02	-
3	M	20	0.14	<0.02	-
4	M	25	0.31	0.30	95
5	M	20	0.14	<0.02	-
6	M	25	6.5	0.35	5
7	M	20	170	<0.02	-

No.	Gender	Age	Total mercury (µg/g)	Methylmercury (µg/g)	Methylmercury / Total mercury
8	M	20	0.33	<0.02	-
9	M	20	29	<0.02	-
10	M	22	0.036	<0.02	-
11	M	40	0.22	0.21	98
12	M	23	0.12	<0.02	-
13	M	40	0.47	<0.02	-
14	M	43	0.15	<0.02	-
15	M	22	0.14	<0.02	-
16	M	25	2.6	<0.02	-
17	M	30	0.072	<0.02	-
18	M	21	0.12	<0.02	-
19	M	28	0.21	0.21	92
20	M	33	0.29	0.25	87
Average			11	0.07	19*
Median			0.20	<0.02	-
Min.			0.036	<0.02	-
Max.			170	0.35	98
Standard deviation			37	0.12*	37*

Note: *Data less than detection limit (<0.02) is calculated as 0.

4.1.4 Survey results for Cameroon

(1) Outline of waste management facilities

After the discussion with MINEPDED, the surveying sites were arranged as follows: 1 day for NKOL Foulou in Yaoundé, the capital city, where the stakeholders were able to participate in the demonstration, 1 day in a waste disposal site in Bafia, 120km northwest of Yaoundé, where proper waste management facility were not established and waste burning was occurring, and 1 day at/around the waste incineration facility of the central hospital in Yaoundé where MINEPDED and MINNSANTE strongly recommended.


調査施設の選定は、MINEPDEDと協議の上、関係者がデモンストレーションへ参加しやすい首都ヤウンデの Nkol Foulou で 1 日間、廃棄物処分場が整備されておらず廃棄物投棄場で燃焼が続いているヤウンデから北西へ 120 km程離れたバフィアで 1 日間、MINEPDEDと MINNSANTE から強く要望のあったヤウンデ市内の中央病院の廃棄物燃焼施設付近で 1 日間の調査を行う事となった。

The overview of the Nkol Foulou facility is described in Table 4.1-16.

Nkol Foulou の概要を表 4.1 16 に示す。

Table 4.1-16 Overview of Nkol Foulou facility

Name of facility	Nkol Foulou Waste Landfilling Facility
------------------	--

Administration, Operator	Hysacam (administration company)
Established	1998 (established in 1994, administered by HYSACAM since 1998)
Area	56ha
Operating hour	24h
Workers	84
Carrying waste amount	1,000t / day
Way of waste collection	Waste is collected from depot and carried to disposal site
Type of management	Open Dumping, no underlining protection layer, no soil cover
Type of waste	All types of general waste, Recyclable waste (e.g. plastics, metals, papers) is collected from disposal site. Separated wastes are sent to an international recycle company in another city (Douala). PET bottles are not recycled. E-waste (e.g. television) is also brought into the facility.
Leachate	Treated by leachate pond (2 stages out of 3 are active), Water quality monitoring (2 times/year)
Generated gas	Collecting pipe and treatment facility
Open Burning	No (prohibited)
Waste pickers	Prohibited for administrative reason.
	

(2) Outline of survey sites

The sampling locations of Nkol Foulou facility (St.1), Central Hospital (St.2), and waste disposal site (St.3) in Bafia are described in Figure 4.1-2, Figure 4.1-3, and Figure 4.1-4, respectively.

調査対象とした Nkol Foulou (St.1) の試料採取地点概要を図 4.1 2 に、中央病院 (St.2) の試料採取地点概要を図 4.1 3 に、バフィア市内廃棄物投棄場 (St.3) の試料採取地点概要を図 4.1 4 にそれぞれ示す。

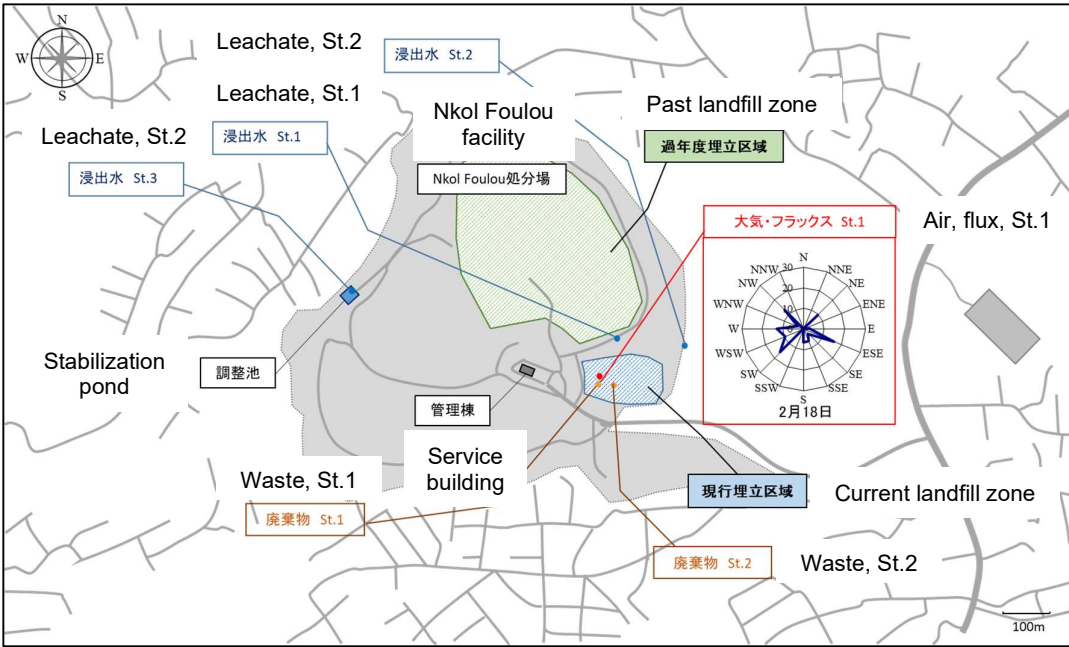


Figure 4.1-2 Outline map for sampling locations at Nkol Foulou

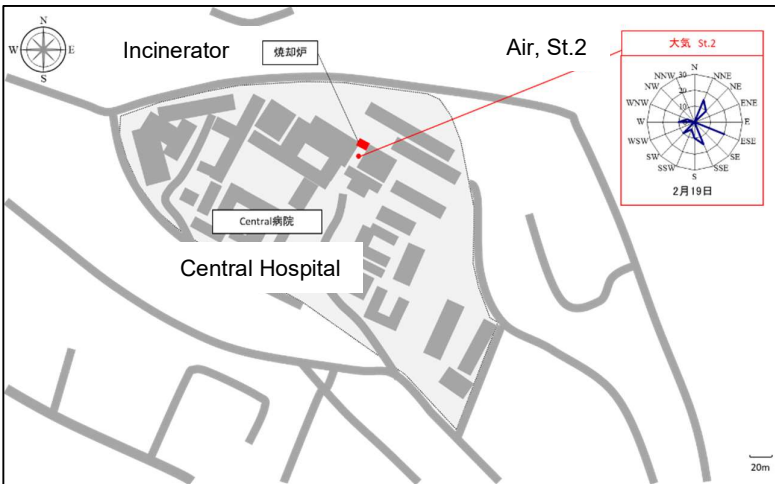


Figure 4.1-3 Outline map for sampling locations at Central Hospital

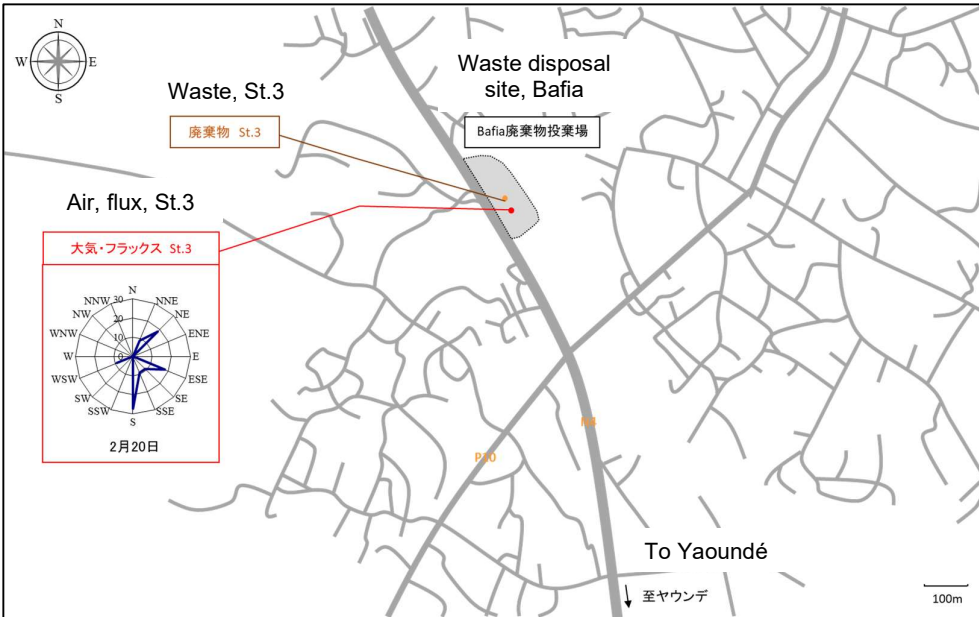


Figure 4.1-4 Outline map for sampling locations at waste disposal site in Bafia

(3) Result of ambient air monitoring

As agreed, three facilities, Nkol Foulou (St.1), Central Hospital (St.2), and the waste disposal site (St.3) were surveyed. Samplings were conducted at current landfill zone (Nkol Foulou), at/around waste incineration facility (Central Hospital), and at/around waste burning point (site in Bafia).

調査地点は、前述の通り Nkol Foulou (St.1)、中央病院 (St.2)、及びバフィア市内廃棄物投棄場 (St.3) とし、Nkol Foulou については現埋立地、中央病院については廃棄物燃焼施設の周辺、バフィア市内廃棄物投棄場では燃焼箇所付近を対象地点として設定した。

3-5 sampling points were set in each location and 30-minute samplings using the portable analyser were conducted at least twice per the sampling point. At the same time, ambient air was collected by gold trap method. Duplicate sampling was employed using 2 gold columns in one sampling activity. The participants to the demonstration received the explanation of principles and procedures of the survey methods, objective of the survey, record keeping, etc.

各調査地点において3点～5点の測定点を設定し、携帯型水銀測定器を用いて各30分間のサンプリング測定を2回以上実施してその平均値を大気水銀濃度とした。また、並行して金カラム法による大気中水銀捕集を実施した。試料(金カラム)は各地点2本ずつ採取しデュプリケートを実施した。デモンストレーションの参加者へは、各調査方法の手順や原理を説明するとともに、調査意義、記録の取り方等についても説明した。

Mercury was detected in ambient air by the portable analyser, which were 4.7-50 ng/m³ (Nkol Foulou), 9.9-37 ng/m³ (Central Hospital), and 2.2-29 ng/m³ (waste disposal site in Bafia). Mercury levels by gold trap method were 17 ng/m³ (Nkol Foulou), 16 ng/m³ (Central Hospital), and 13 ng/m³ (waste disposal site in Bafia).

携帯型水銀測定器を用いた大気モニタリングの結果、Nkol Foulou では 4.7～50ng/m³、中央病院では 9.9～37ng/m³、バフィア市内廃棄物投棄場では 2.2～29ng/m³ の水銀が検出された。金カラム法による大気モニタリングでは、Nkol Foulou で 17ng/m³、中央病院で 16ng/m³、バフィア市内廃棄物投棄場で 13ng/m³ となった。

The results of the atmospheric monitoring survey are indicated in Table 4.1-17 and Table 4.1-18. The photos of the site demonstration were enclosed in Annex 4.1.3.

大気のモニタリング調査結果を表 4.1 17 及び表 4.1 18 に示す。なお、デモンストレーションの様子は参考資料 4.1.3 の調査写真に示す。

Table 4.1-17 Result of atmospheric mercury survey (portable analyser)

Station No.	Date	Time	Lat. / Long.	Height of measurement (cm)	Mercury conc. (ng/m3)	Air temp. (°C)	Humidity (%)	Atm. pressure (hPa)
St.1-1	18 Feb. 2020	10:26-11:47	N3°55'40.0"/E11°34'22.7"	70	23	31	54	934.4
St.1-2	18 Feb. 2020	11:49-12:54	N3°55'39.1"/E11°34'21.8"	70	50	33	48	932.7
St.1-3	18 Feb. 2020	12:56-14:00	N3°55'39.31"/E11°34'21.4"	70	17	34	43	931.5
St.1-4	18 Feb. 2020	14:03-15:08	N3°55'39.2"/E11°34'21.8"	70	49	36	36	929.8
St.1-5 (管理棟前)	18 Feb. 2020	15:51-16:23	N3°55'38.3"/E11°34'15.5"	70	4.7	35	37	930.6
St.2-1	19 Feb. 2020	9:51-10:55	N3°52'18.5"/E11°30'38.6"	70	37	28	56	928.1
St.2-2	19 Feb. 2020	10:56-12:01	N3°52'18.4"/E11°30'37.9"	70	10	30	45	926.9
St.2-3	19 Feb. 2020	12:07-13:11	N3°52'18.2"/E11°30'38.4"	70	9.9	33	33	924.9
St.3-1	20 Feb. 2020	9:53-10:57	N4°44'33.2"/E11°13'08.6"	70	29	32	57	957.4
St.3-2	20 Feb. 2020	10:58-12:03	N4°44'33.8"/E11°13'18.1"	70	5.0	34	48	956.1
St.3-3	20 Feb. 2020	12:03-12:36	N4°44'34.4"/E11°13'07.6"	70	2.2	36	42	954.6

Table 4.1-18 Result of atmospheric mercury survey (gold amalgamation trap method)

Station No.	Date	Time	Lat. / Long.	Height of measurement (cm)	Vol. (L)	Mercury conc. (ng/m3)	Mercury conc. (ave) (ng/m3)
St.1	18 Feb. 2020	11:04-15:50	N3°55'39.4"/E11°34'21.4"	150	143.3	16	17
					143.2	18	
St.2	19 Feb. 2020	10:00-13:43	N3°52'18.5"/E11°30'38.2"	150	111.2	15	16
					111.1	17	
St.3				150	95.3	13	13

Station No.	Date	Time	Lat. / Long.	Height of measurement (cm)	Vol. (L)	Mercury conc. (ng/m3)	Mercury conc. (ave) (ng/m3)
	20 Feb. 2020	10:08-13:20	N4°44'33.3"/ E11°13'08.1"		95.2	13	
TBL-1	-	-	-	-	-	<0.41	-
TBL-2	-	-	-	-	-	<0.41	-
TBL-3	-	-	-	-	-	<0.41	-

(4) Result of mercury emission flux monitoring

Mercury emission flux monitoring was conducted at Nkol Foulou and waste disposal site in Bafia to obtain mercury amount emitted from waste surface of the facility to atmosphere.

廃棄物処分場表面から大気中へ放出される水銀量に関する情報を得るため、Nkol Foulou 及びバフィア市内廃棄物投棄場において水銀排出フラックス調査を実施した。

The survey employed flux chamber, a plastic receptacle (17.0 cm in diameter, 8.0 cm in depth, 227 cm² of covering surface, and 1,815 cm³ capacity) covering landfill surface and sucked air at a rate of 0.4 L/min to collect mercury emitted from land surface. Mercury-free air of the effluent of the mercury analyser was returned to the receptacle to ensure only mercury from land surface flowed into the system. The mercury amounts of 6 consecutive samplings with 30 minute each were added up. Finally, mercury in the receptacle at the start of the sampling was subtracted. The participants to the demonstration received the explanation of principles and procedures of the survey methods, objective of the survey, record keeping, etc.

調査は、廃棄物処分場の一部表面を樹脂製の容器(直径 17.0cm、深さ 8.0cm、対地捕集面積 227cm²、容積 1,815cm³)で覆い、流速約 0.4L/min で大気を吸引して地表から放出される水銀を捕集した。樹脂製容器へは携帯型水銀測定装置を通過した水銀を含まない空気を戻すことによって、地表から排出される水銀のみを捕集できるように工夫した。水銀放出量の算出にあたっては、30 分サンプリングを 6 回連続して実施し、その測定値の和からサンプリング開始時の樹脂容器内空気の水銀量を差し引いて算出した。デモンストレーション参加者へは、各調査方法の手順や原理等を説明するとともに、調査意義、記録の取り方等についても説明した。

Mercury emissions were calculated as 100 ng/m²/hr (Nkol Foulou), and 370 ng/m²/hr (waste disposal site in Bafia).

調査の結果、Nkol Foulou からは 100ng/m²/hr、バフィア市内廃棄物投棄場からは 370ng/m²/hr の水銀の放出が確認された。

The results of the emission flux survey are indicated in Table 4.1-19. The photos of the site demonstration were enclosed in Annex 4.1.3.

水銀排出フラックスのモニタリング調査結果を表 4.1 19 に示す。なお、デモンストレーションの様子は参考資料 4.1.3 の調査写真に示す。

Table 4.1-19 Result of emission survey

Station No.	Date	Time	Lat. / Long.	Emission rate (ng/m ² /hr)	Mercury (ng)	Air temp. (°C)	Humidity (%)	Surface temp. (°C)	Surface moist. (%)
St.1				100	1.452	37	62	39	39

Station No.	Date	Time	Lat. / Long.	Emission rate (ng/m2/hr)	Mercury (ng)	Air temp. (°C)	Humidity (%)	Surface temp. (°C)	Surface moist. (%)
	18 Feb. 2020	10:26-14:41	N3°55'39.7"/E11°34'21.4"		1.424	42	49	42	40
					1.037	41	52	42	39
					0.813	40	56	41	39
					1.143	42	43	45	39
					0.921	41	47	43	39
					1.202	43	36	45	39
					1.659	46	31	46	40
St.3	20 Feb. 2020	9:58-12:36	N4°44'34.3"/E11°13'08.0"	370	3.969	43	31	41	5
					5.369	40	36	46	4
					3.677	40	35	47	4
					4.133	40	33	50	4
					3.851	40	33	51	4

(5) Result of water monitoring

At Nkol Foulou facility, stagnant leachate water alongside the current landfill zone was collected as St.1, likewise collected effluent from current landfill zone to neighbouring river as St.2, and water in stabilization pond as St.3. L of leachate water was sampled in each location. The participants to the demonstration received the explanation of procedures of the survey methods, objective of the survey, record keeping, etc.

Nkol Foulou において、現埋立区域の脇に溜まった浸出水を St.1、現埋立場所から河川に向かって浸出水が流れ出ている地点を St.2、処分場内の調整池を St.3 として、各調査地点から 5 L の浸出水を採取した。デモンストレーション参加者へは、各調査方法の手順を説明するとともに、調査意義、記録の取り方等についても説明した。

Mercury in collected leachate was detected as 460 ng/L (St.1) and 210 ng/L (St.2). Mercury in St.3 was below the detection limit (54 ng/L).

持ち帰った浸出水を分析したところ、St.1 で 460ng/L、St.2 で 210ng/L の水銀が検出された。St.3 で採取した浸出水については、検出下限値 (54ng/L) 以下となった。

The results of the leachate water survey are indicated in Table 4.1-20. The photos of the site demonstration were enclosed in Annex 4.1.3.

水のモニタリング調査結果を表 4.1 20 に示す。なお、デモンストレーションの様子は参考資料 4.1.3 の調査写真に示す。

Table 4.1-20 Result of leachate water survey

Station No.	Date	Time	Lat. / Long.	pH	Mercury conc. (ng/L)
St.1	18 Feb. 2020	14:20	N3°55'41.1"/E11°34'21.5"	8.9	460

Station No.	Date	Time	Lat. / Long.	pH	Mercury conc. (ng/L)
St.2	18 Feb. 2020	14:50	N3°55'41.9"/ E11°34'25.8"	8.1	210
St.3	18 Feb. 2020	15:20	N3°55'44.1"/ E11°34'03.1"	11.4	<54

(6) Result of waste monitoring

Waste was collected from 2 locations at current landfill zone of Nkol Foulou, and from 1 location at waste disposal site in Bafia where the waste type was representative in the sites. The participants to the demonstration received the explanation of procedures of the survey methods, objective of the survey, record keeping, etc.

処分場の廃棄物について、Nkol Foulou の現埋立区域から 2 試料、バフィア市内廃棄物投棄場から 1 試料、それぞれ代表的と思われる試料を採取した。デモンストレーション参加者へは、各調査方法の手順を説明するとともに、記録の取り方等についても説明した。採取した試料は日本へ持ち帰り総水銀の分析を行った。

Mercury concentrations in waste samples were 7.0-77 ng/g.

分析の結果、廃棄物中の水銀濃度は 7.0~77ng/g であった。

The results of the waste survey are indicated in Table 4.1-21. The photos of the site demonstration were enclosed in Annex 4.1.3.

廃棄物のモニタリング調査結果を表 4.1 21 に示す。なお、デモンストレーションの様子は参考資料 4.1.3 の調査写真に示す。

Table 4.1-21 Result of waste survey

Station No.	Date	Time	Lat. / Long.	Moisture (%)	Mercury conc. (ng/g-dry)	Waste composition (weight basis)
St.1	18 Feb. 2020	16:10	N3°55'38.7"/ E11°34'21.4"	11.4	77	Food residue: 11.4% Plastic: 54.7% Plant (timber, etc.): 16.4% Non-combustible (metal, glass, etc.): 17.6%
St.2	18 Feb. 2020	16:20	N3°55'38.8"/ E11°34'22.3"	42.2	68	Food residue: 45.0% Paper: 15.7% Plastic: 31.2% Textile: 1.5% Non-combustible (metal, glass, etc.): 6.6%
St.3	20 Feb. 2020	10:30	N4°44'34.1"/ E11°13'08.0"	2.3	7.0	Food residue: 16.1% Paper: 11.4% Plastic: 62.2% Plant (timber, etc.): 5.1% Non-combustible (metal, glass, etc.): 5.2%

(7) Result of hair monitoring for neighbouring residents

Hair sampling for neighbouring residents to the waste management facility was requested to local ethical committee, but it took time and was unable to obtain the permission on time. Thus, only sampling demonstration was conducted.

廃棄物処分場周辺住民への毛髪サンプリングは現地倫理委員会の手続きに時間を要し、本調査までに手続きを完了することは不可能とされたため、採取方法のデモンストレーションのみを実施した。

4.1.5 Discussions on mercury emissions from waste disposal sites

(1) Effects of ambient air on waste disposal sites for site workers and neighbouring residents

Ambient air mercury concentrations at waste management facilities (including informal disposal sites) that we have surveyed recorded as 2.0 – 160 ng/m³ (by portable analyser) and 3.3 – 40 ng/m³ (by gold trap) at Gosa in Nigeria, 4.7 – 50 ng/m³ (by portable analyser) and 43 ng/m³ (by gold trap) at Nkol Foulou in Cameroon, and 2.2 – 29 ng/m³ (by portable analyser) and 43 ng/m² (by gold trap) at a waste disposal site in Bafia, Cameroon. Ambient air concentrations at/around waste incineration facility for Central Hospital in Cameroon were 9.9 – 37 ng/m³ (by portable analyser) and 3.3 ng/m³ (by gold trap).

今回調査を行った廃棄物処分施設(非公式投棄場を含む)において、直上の大気中水銀濃度はナイジェリアの Gosa において 2.0~160ng/m³(携帯型測定装置による結果)及び 3.3~43ng/m³(金カラム法による測定)、カメルーンの Nkol Foulou において 4.7~50ng/m³(携帯型測定装置による結果)及び 43ng/m³(金カラム法による測定)、同じくカメルーン バフィア市内投棄場において 2.2~29ng/m³(携帯型測定装置による結果)及び 43ng/m³(金カラム法による測定)であった。また、カメルーンの中央病院廃棄物焼却施設周辺にて測定を行った結果は 9.9~37ng/m³(携帯型測定装置による結果)及び 3.3ng/m³(金カラム法による測定)であった。

At Gosa waste management facility where large-scale waste burning had occurred, ambient mercury concentrations exceeded 40 ng/m³, which is a Japan's guideline value of environmental air. The actual concentration varied depending on the several factors such as distance from burning points and wind direction. Based on the preliminary survey and hearing from person in charge of the waste management facility, it was indicated that the waste burning does not occur at Gosa during rainy season. Thus, the annual average mercury concentration may be even lower than the values obtained in this survey. In addition, the results of this survey were lower than the guideline value for ambient air for workplace environment by WHO Europe, which is 1 µg/m³ as the annual average and 200 ng/m³ for long-term tolerable inhalation exposure. Thus, it is unlikely for the site workers to develop adverse health effects caused by the inhalation of mercury in the ambient air. (It does not consider the health risks other than mercury inhalation, e.g. particulate matter, or other pollutants, etc.) As for the St.2 (a site distant from burning site) at Gosa where residential area is in proximity, the ambient mercury concentrations were 2.0 – 3.1 ng/m³ (by portable analyser) and 3.3 ng/m³ (by gold trap). These results were much lower than the Japan's guideline values for ambient air.

広範囲で燃焼が発生していた Gosa における大気中水銀の濃度は携帯型測定装置、金カラム法いずれにおいても日本の環境大気中水銀の指針値である 40ng/m³を上回る結果があった(濃度については燃焼地点からの距離あるいは風向などの条件によって大きな違いがあった)。しかしながら Gosa においても雨期には燃焼が発生していない(現地予備調査及び処分場担当者からの聞き取りによる)ことから、処分場における年間平均の大気中水銀濃度は今回の結果より小さくなるものと想定される。また今回の結果は WHO Europe が発表している大気の指針値(年平均値として 1µg/m³、及び長期間吸入の許容濃度として 200ng/m³)を下回っていることから、作業員が大気中水銀の吸入によって深刻な健康リスクを引き起こす

状況ではないことが考察される(あくまで大気中水銀の吸入によるリスクの判断であり、燃焼により発生する煙粒子やその他の物質による影響は考慮していない)。なお、Gosa でも居住地域に近接している St.2(燃焼の発生している場所からは離れていた)における大気中水銀濃度は携帯型水銀測定装置で 2.0 ~ 3.1ng/m³、金カラム法による測定で 3.3ng/m³ であり、日本の環境大気中水銀濃度の指針値を大きく下回った。

Some results by portable analyser at Nkol Foulou where no waste burning was observed indicated the mercury concentrations exceeding Japan's ambient air guideline value. The Nkol Foulou site is distant from residential area and the results did not exceed the guideline value for ambient air for workplace environment and tolerable inhalation exposure level developed by WHO Europe. As for the waste disposal site in Bafia where waste burning was occurring, the mercury concentration measured by both portable analyser and gold trap were lower than the guideline value, maybe due to its small scale of waste burning and site itself.

燃焼が発生していなかった Nkol Foulou での大気中水銀濃度において、携帯型水銀測定装置による測定で日本の環境大気中水銀濃度の指針値を上回った地点が存在した。ただし Nkol Foulou は居住地から離れており、またいずれの地点の測定結果も WHO Europe が発表している大気中水銀の指針値及び長期間吸入の許容濃度を下回っていた。また、燃焼は起こっていたが燃焼の範囲及び投棄場自体の面積が小さいバフィア市内投棄場では携帯型水銀測定装置及び金カラム法による測定とも指針値を下回った。

As for the ambient mercury monitoring at/around the waste incineration facility of Central Hospital in Yaoundé, the incineration condition at the time of survey was different from normal operation and it was stopped soon after the monitoring was started. Thus, it is difficult to assess the ambient mercury level for the regular incinerator operation. Nevertheless, it was resulted that the mercury concentration measured by both portable analyser and gold trap were lower than the Japan's ambient mercury guideline value.

ヤウンデ市内の中央病院廃棄物焼却施設周辺における大気中水銀調査に関しては焼却施設の状態が通常と異なり、また調査開始後まもなく焼却が停止されたため今回の結果から定常的な焼却炉の運転状況における大気中水銀の評価は難しい。しかしながら今回の測定結果は携帯型水銀測定装置、金カラム法いずれも日本の環境大気中水銀濃度の指針値を下回った。

(2) Estimation of mercury emissions from waste disposal sites

Mercury emission from two waste management facilities (Gosa and Nkol Foulou) in surveying countries were estimated. Total emission from entire sites were calculated from the surface emission monitoring data and the land surface.

今回調査を行った 2 カ所の廃棄物埋め立て処分施設 (Gosa 及び Nkol Foulou) について、測定した埋立地表面からの水銀放出量と敷地面積より、処分施設全体からの水銀放出量について見積もりを行った。

The rough estimate of total mercury emissions from these facilities are described in Table 4.1-22. (As the site area of waste disposal site in Bafia was small and not available, the total mercury emission was not estimated.)

今回の調査結果から概算される各処分施設全体の水銀放出量について表 4.1 22 に示す。(バフィア市内投棄場については敷地面積が非常に小さくまた正確な面積が不明であることから計算を行っていない。)

Table 4.1-22 Mercury emissions from waste disposal facilities

Facility	Mercury emission from soil surface (average) (ng/m ² /hrs)	Site area (ha = 10,000m ²)	Mercury emission from entire facility (g/day)
Nigeria: Gosa	73	90.8	1.59
Cameroon: Nkol Foulou	100	56	1.34

The results of mercury emissions from waste management facilities in this survey were larger than the results in last year (FY2018 Survey on Mercury Monitoring for the Minamata Convention and Monitoring Capacity Building and Support) when Bantar Gebang in Indonesia, Dandora in Kenya and Htein in Myanmar were surveyed. The mercury emissions analysed at the waste disposal site in Bafia (370 ng/m²/hr), in particular, was three times as high as the highest survey sites including those in last year, i.e. 130 ng/m²/hr at Htein Pin St.1. It may have caused by the waste content immediately below the surface, but detail is unknown as no mercury-added product such as fluorescent lamps or batteries were identified at the emission survey site.

今回調査を行った廃棄物処分施設の水銀放出量の調査結果は昨年度「平成 30 年度水俣条約に資する水銀等モニタリングとモニタリング能力向上支援業務」(以下平成 30 年度業務と記す)報告書に記載された調査データ(インドネシア Bantar Gebang 処分場、ケニア Dandora 処分場、ミャンマー Htein Pin 処分場)における結果を上回るものが多かった。特にバフィア市内投棄場で測定された大気中水銀放出量は 370ng/m²/hr と、昨年度調査された地点を含め最大であった放出量(Htein Pin St.1 における 130ng/m²/hr)の 3 倍近くとなった。大きな水銀放出量の原因としては直下の廃棄物による影響などが考えられるが、放出量測定を行った場所表面においては蛍光灯や電池などの水銀使用製品は確認されており、詳細については不明である。

Due to the limited survey points in each waste management facility, the results of the mercury emission surveys might be different from the average of the entire site. Also, the surface emission would increase at higher surface temperature. The surveys were conducted in the daytime in dry season. As the surface temperature would be lower at night and in rainy season, the total mercury emissions in annual basis might be even lower than this estimate.

今回の水銀放出量調査については各廃棄物処分施設とも調査地点が限定されており、処分施設全体の平均値とは差がある可能性が考えられる。また表面からの放出量は表面温度等により変化すると思われるが、今回の調査は乾季の昼間に行っているため、夜間及び雨期などの表面温度が低下する時期を考慮すると年間を通じた水銀放出量は今回の調査結果よりも小さくなる可能性が考えられる。

There is a research article on annual mercury emission from forest soil in Japan (Marumoto and Sakamoto 2005) based on the monitoring data using flux chamber, which reported the annual value 40µg/m²/year (≒4.57ng/m²/hrs). The results in this survey were higher than this value. The percentage of mercury emitted against the mercury input as the incoming waste were estimated in Table 4.1-23. Although the actual emission may include the re-emission component of mercury deposited from atmosphere in the past, it assumed all mercury existed in the incoming waste. (Daily waste input to the Gosa in Nigeria and Nkol Foulou in Cameroon were assumed to be 1000 t/day.)

フラックスチャンバーを用いた測定データを元にした日本での森林土壌からの年間水銀放出量として 40µg/m²/year (≒4.57ng/m²/hrs) が報告されている(丸本及び坂本、2005)。今回の廃棄物処分施設よりの水銀放出量はこれより大きい。実際の放出量には大気からの沈着した水銀の再放出も含まれると考えられるが、仮に放出される水銀がすべて廃棄物中に存在したものと想定し、1 日当たりの施設よりの放出量を廃棄物の搬入量で除した数値を表 4.1 23 に示す(ナイジェリア Gosa、カメルーン Nkol Foulou とも廃棄物搬入量を 1000t/day として計算した)。

Table 4.1-23 Mercury emission per unit of solid waste

Facility	Mercury emission from entire facility (g/day)	Daily waste input (t/day)	Mercury emission per unit of waste (ng/kg)	Average mercury level in waste (ng/g)	Percent mercury emitted from waste in facility (%)
Nigeria: Gosa	1.59	1000	1590	208	0.764
Cameroon: Nkol Foulou	1.34	1000	1340	102	1.31

Due to the limited number of survey locations for emission and waste sampling, the calculated results in Table 4.1-23 might be different from the average values in entire facilities. Nevertheless, the result may be induced that approx. 0.8% of mercury input at Gosa in Nigeria and approx. 1.3% at Nkol Foulou in Cameroon were emitted to atmosphere and the remaining will be accumulated in the facilities, assuming the mercury input with incoming waste and emission into atmosphere were stable. Based on this calculation, most of the mercury are accumulated in the chemical form different from stable compounds such as mercury sulphide, therefore, the accumulated mercury might be emitted gradually into atmosphere or water body after the closure of the facilities.

実際には水銀放出量、廃棄物試料共に調査数が非常に少なかったことから表 4.1 23 の数値と実際の処分場全体の放出量、廃棄物中の平均水銀濃度には差があることが想定されるが、表 4.1 23 の状態で定量的な量の廃棄物の搬入と水銀の放出があると想定すると、ナイジェリア Gosa では搬入される廃棄物中の水銀のおよそ 0.8%が、カメルーン Nkol Foulou では 1.3%が大気中へ放出され、残りは廃棄物とともに処分施設へ蓄積される計算となる。大半は廃棄物と共に埋立処分場内に蓄積される計算となるが、廃棄物中の水銀は硫化物のように安定した化学形態で存在している割合は少ないことが想定されるので、将来的にこれらの水銀は埋立処分施設の運用終了後であっても大気や水系へ排出、放出されると考えられる。

This survey did not monitor the emissions due to waste burning due to the difficulty to put the flux chamber onto the burning surface. It is not possible to assess the mercury emissions by waste burning, but we can assume that most of the mercury in the waste could have been emitted as the boiling point of elemental mercury and mercury chloride (II) are 356.7°C and 302°C, respectively. One possible estimating methodology of mercury emission by waste burning could be done by estimating the waste volume burnt multiplied by the mercury content in the waste.

なお、今回の放出量の調査は燃焼による水銀の放出を対象としていない(燃焼している表面にチャンバーを設置できないため)。燃焼による水銀放出量の評価は困難であるが、金属水銀の沸点が 356.7°C、塩化水銀(II)の沸点が 302°Cであること等を考慮すると、燃焼した廃棄物に含まれていた水銀の大半が大気中に放出されることが考えられる。燃焼が発生している場所における水銀放出量を見積もる場合、燃焼した廃棄物の量を概算し、廃棄物中水銀が燃焼した廃棄物量に応じて放出されたとして計算する方法が考えられる。

(3) Discussions on mercury sources in solid waste

The main composition of solid waste in this survey collected at Gosa in Nigeria and Nkol Foulou and a waste disposal site in Bafia in Cameroon were plastic products, Plant (timber, etc.), textile, etc. No mercury-added product such as fluorescent lamps, mercury thermometers or batteries were identified. (Fluorescent lamps were identified in some waste management facilities, but the volume was minimal. Such waste was not sampled as it is not representative sample for this facility.) Some level of mercury concentration in waste samples (7.0 – 530 ng/g) were confirmed. The origin of the mercury is still unknown. It might have come from other mercury-added product waste that were

released and adsorbed to the waste surface, as the mercury concentrations in similar type of waste were also different in different locations.

今回調査を行った廃棄物処分施設より採取した廃棄物試料(ナイジェリア Gosa、カメルーン Nkol Foulou 及びバフィア市内投棄場にて採取)では、廃棄物の主な構成はプラスチック製品や木、布等が中心であり、蛍光灯や水銀体温計、電池などの水銀使用製品は試料中に確認されなかったが(現地で蛍光灯などが確認された処分施設もあったが、数が少なく試料の代表性確保の観点から採取試料には含めていない)、廃棄物試料中水銀濃度は 7.0~530ng/g と、一定量の水銀が確認された。実際の廃棄物中の水銀の起源としては不明な部分が多いが、類似した廃棄物の構成でも採取場所によって濃度に違いがあったことから、埋め立てられている他の水銀使用製品より放出された水銀が表面に吸着している状況なども考えられる。

(4) Mercury levels in leachate water and impacts to surrounding environment

The mercury levels in leachate water from three⁶ facilities surveyed this time were between non-detectable (below 54 ng/L) and 460 ng/L, which is below Japan's effluent standard of 5000 ng/L. The total mercury release from the facilities could not be calculated as the total water effluents were unknown. It can be, however, assumed that the mercury impacts to neighbours are not likely as the leachate in the facility is already low.

今回調査を行った 3 施設における浸出水中の水銀濃度は不検出(54ng/L 未満)~460ng/L であり、いずれも日本における排水基準である 5000ng/L を下回った。施設全体から外部へ流出する浸出水量が不明であるため施設周辺に対する水銀負荷量の計算は困難であるが、施設内の浸出水中水銀濃度が日本の排水基準を下回るため、水銀に関して周辺への大きな影響は考えにくい。

(5) Hair mercury content for site workers and possible situation

Due to legal and procedural problems, hair sampling and mercury analysis was able to be conducted at Gosa waste management facility in Nigeria only. The total mercury concentrations in human hair were 0.036 – 166µg/g, and methylmercury concentrations were non-detectable (below 0.02 µg/g) – 0.35 µg/g.

制度及び手続き上の問題から、今回の調査ではナイジェリアの Gosa 廃棄物処分施設においてのみ作業員の毛髪の採取及び水銀濃度の調査を行うことができた。毛髪中の総水銀濃度は 0.036~166µg/g であり、メチル水銀濃度は不検出(0.02µg/g 未満)~0.35µg/g であった。

The methylmercury levels in hair for surveyed population were not high in both average and maximum, which indicates no internal exposure from food intake. Total mercury levels for most (16) samples were low enough (below 0.5µg/g) but hair samples for 4 people exceeded the range (more than 2µg/g) and one sample, in particular, resulted in extremely concentration level (170µg/g for total but no methylmercury). A possible reason for this phenomenon would be the external contamination by exposing mercury vapour, which will raise a concern the risk of high mercury inhalation. However, ambient mercury concentration that is of concern about adverse health impact was not recorded in this survey. Furthermore, the workplace was open air and the exposure to high mercury to specific individual was unlikely. It might have caused by the application of personal care products or other products containing mercury to the hair (either personal use or accidental contact at workplace).

今回の調査対象者の毛髪中メチル水銀濃度は平均値、最大値とも高くなく、食品による高い内部ばく露を示した対象者は存在しなかった。総水銀濃度については大半(16 試料)については高くない(0.5µg/g 未

⁶ Note from translator: It should be 'two'.

満)結果であったが、4名の試料のみこの範囲を大きく越えており(2µg/g以上)、特に1名の試料が特徴的に高濃度であった(170µg/g、メチル水銀は不検出)。毛髪中の総水銀濃度が高く、メチル水銀の割合が小さい場合には高濃度大気中水銀のばく露による毛髪表面への付着が考えられ、高濃度水銀の吸入によるリスクが懸念されるが、本調査においては健康に深刻な影響が懸念される大気中水銀濃度は確認されておらず、作業の環境が開放形であるため、これらの対象者だけが特異的に大気より高濃度の水銀ばく露を受ける環境は考えにくい。高い総水銀濃度を示した試料の毛髪は水銀を含むパーソナルケア製品等を始めとする水銀使用製品の影響(個人的な使用あるいは作業中の接触)による可能性が考えられる。

4.1.6 Issues and recommendations for future survey of waste disposal sites

(1) Improvement of mercury emission survey method

Knowing the existing report that mercury emission from soil was quickly monitored by small flux chamber, this method was applied in this survey for emission from soil. Different from soil, the waste is larger in size that may be resulted in the mercury dispersion from deep waste layer unstable or mercury content less homogeneous. Although such effects could be reduced by using larger flux chamber for monitoring, it would prolong sampling time (necessary to replace air in the flux chamber). Due to its specific nature of waste disposal sites, monitoring activity being continued after dark would be problematic. Unless several measures are put in place (e.g. extended survey days, support of local staff, security officers, etc.), it would not be feasible.

今回の調査では廃棄物表面からの水銀放出量の調査方法として、土壌を対象とした既存の報告があること、短時間での測定が可能であることから小型のフラックスチャンバーを用いた方法により行った。しかしながら廃棄物埋立場では比較的大きな廃棄物が集まっており、土壌に比べて埋立場所下層からの水銀移動が不安定である、あるいは性状が不均質になっている等の状況が想定される。これらの影響は使用するチャンバーを大きくすることで低減できる可能性があるが、この場合測定に必要な時間(チャンバー内の空気が十分に置換されるまでに必要な時間)が長くなる。廃棄物処分施設という性質上、夜間まで調査を継続するには課題がある場合が多く、種々の対応策(長期間の調査計画、現地スタッフの協力、警備員など)を検討しなければ実行は難しいと考えられる。

It also has the limitation of the sampling points/times for mercury emissions from a waste management facility. Thus, it is uncertain if the calculated emission values from entire facilities described in Section 4.1.5 (2) provide representative pictures of the facility. The emission rate might vary depending on the waste type and the disposal period, thus more monitoring points should be set up for improving the emission estimation from entire facilities. The same issue described above may arise for this option so that deliberate survey planning and methodologies must be considered in advance.

また 4.1.5 (2) において廃棄物処分施設全体からの(燃焼によらない)水銀放出量の試算を行っているが、これまでの水銀放出量の調査は調査地点(回数)が限られており、得られた数値が処分場全体を十分に代表する値となるかは不明である。水銀放出量は埋め立てられた廃棄物の種類や埋立後の時間等によって違いが生じると思われるので、処分場全体の放出量をより精度よく見積もるためにはより多くの調査地点を設置する必要があると考えられる。ただしこの場合にも上記と同様の課題が生じると思われ、調査計画及びその実行の前に方法について十分な検討を行う必要があるものと考えられる。

(2) Improvement of ambient air monitoring at burning sites

Gosa waste management facility was the site with large-scale waste burning in this survey. Both portable analyser and gold trap (trapped by gold-coated column – thermal decomposition atomic

absorption spectrometry specified by Manual of Measurement Method of Hazardous Air Pollutants, which has been extensively used in Japan) were used for all ambient air monitoring surveys, which included Gosa site. There were significant discrepancies for the results of some sites (St.1 and 3) in Gosa as the heavy smoke from waste combustion was sucked into the sampling system. The burning products such as sulphuric oxides are known to interfere mercury analysis by cold vapour atomic absorption spectrometry, so it could have caused the discrepancies. Manual of Measurement Method of Hazardous Air Pollutants considers the measures to remove the interfering substances and the soda lime column was attached in front of gold column in this survey to absorb such substances. However, such measure seems to have been insufficient in Gosa case. (Maybe the generation of smoke and interfering substances due to the heavy combustion in Gosa was much more than the sites surveyed in FY2018 where no such problem was encountered.) It seems that the sites with heavy combustion emit more mercury into atmosphere, which indicates the importance to monitor the mercury emission. Therefore, the improved methodology to avoid the effect of the interfering substances will be needed for surveying waste management facilities where waste combustion is expected.

今回の調査では大規模に燃焼が発生している廃棄物埋立施設として Gosa 処分場の調査を行った。Gosa を含め、大気中水銀の調査では携帯型水銀測定装置の他、国内の大気モニタリングにおいて大きな実績のある「有害大気汚染物質測定方法マニュアル」による金カラム捕集-加熱気化冷原子吸光測定法(金カラム法)を用いたが、Gosa の調査地点では燃焼が激しく採取大気試料中に多量の煙が混入する試料があり、ほぼ同一地点で同時に採取した試料でも測定結果に大きな違いがあるものがあった(St.1 及び 3)。冷原子吸光光度計による水銀測定では硫黄酸化物などの燃焼に伴って発生する物質により妨害を受けることが知られており、今回の測定結果の違いはこれらの燃焼によって発生した物質による測定妨害が原因として考えられた。「有害大気汚染物質調査測定方法マニュアル」では測定においてこれらの妨害物質を除去する仕組みが組み込まれており、また今回の試料採取時には採取金カラムの前にソーダ石灰を取り付けることで妨害物質の吸収を行っていたが、煙及び妨害物質の発生量が多く一般大気調査を前提としたこれらマニュアルの手法では妨害物質の影響を完全に除去できなかったことが考えられる(平成 30 年度業務報告書では燃焼のあった地点を含め上記の環境は生じていなかったが、Gosa 処分場では特に燃焼範囲が広く、煙の発生量が多かったことが原因と想定される)。燃焼の激しい地点では水銀放出量も多いことが想定され、重要な調査対象地点となることが考えられるため、今後燃焼を伴う廃棄物処分施設調査を行う際には妨害物質の影響を十分に除けるような調査方法の改良を行うことが必要と考えられる。

(3) Estimation of mercury emission amount due to open burning

This survey and the survey in FY2018 applied the flux chamber method to analyse the mercury emissions from multiple locations of waste surface in a waste management facility. This method cannot be applied to the locations where the waste is actually burning. As we assume more mercury emission where the waste is burning, some methodology should be in place to estimate the amount of mercury emission from there.

今回及び平成 30 年度業務において廃棄物埋立処分場表面よりの水銀放出量の測定を複数地点にて行っているが、フラックスチャンバーで廃棄物表面を覆って測定する形式のため、燃焼が発生している地点の水銀放出量はこの方法で測定することができない。しかしながら廃棄物処分施設からの大気中への水銀放出は燃焼が発生している場合に大きくなるものと想定されるので、なんらかの方法で燃焼による水銀放出量を見積もる必要があるものと考えられる。

One possible option would be the calculation of mercury concentration from sampling survey and waste volume burnt (in specific period, area, or entire facility). The mercury concentration of the waste sampled in this survey and the survey in FY2018 indicated the diversity of mercury concentration in similar type of waste depending on the sampled locations. Thus, some reasoning

must be employed to explain this situation and then the methodology should be improved accordingly. The difficulty is also expected to estimate the burnt volume. In conclusion, it should be important to develop a methodology considering both accuracy and feasibility.

考えられる方法の一つは廃棄物中の水銀濃度を調査・評価し、燃焼量(一定時間中・一定面積あるいは処分場全体における)を見積もることで全体の水銀放出量を計算する事であるが、今回及び平成 30 年度調査における廃棄物中水銀濃度の調査分析結果では種類の類似した廃棄物でも採取場所によって水銀濃度に大きな違いが見られ、処分施設において一般的な廃棄物中水銀濃度を見積もるためにはこの違いの理由の解明と調査手法の改良が必要と考えられる。また廃棄物の燃焼量の測定についても容易ではないと想定されるため、この方法による水銀放出量の見積に限らず、精度と実現難易度の双方を勘案した手法の検討が今後必要になると考えられる。

Reference

参考文献:

Marumoto, Koji; Sakata, Masahiro (2005) Mercury emissions from soil surface and its fluctuation factors, *Geochemical Journal* 39, pp183-196. [In Japanese]

丸本幸治・坂田昌弘(2005) 土壌からの水銀発生量とその変動要因, *地球化学* 39, p.183-196

Noda, Tetsuro; Tanita, Koji; Uchiumi, Mamoru; Takahashi, Masaaki (1993) Surface geothermal prospecting by N-packer, a portable air mercury analyser, *Journal of the Geothermal Research Society of Japan* 15(3), pp207-230. [In Japanese]

野田徹郎・谷田幸次・内海衛・高橋正明(1993) N パッカー～携帯型気体水銀測定装置による地表地熱探査, *日本地熱学会誌* 第 15 巻 第 3 号, p.207-230