

イラン・イスラム共和国 テヘラン市大気汚染管理能力向上プロジェクト 詳細計画策定調査報告書

平成 27 年 12 月
(2015 年)

独立行政法人国際協力機構
地球環境部

環 境
J R
16-033

イラン・イスラム共和国
テヘラン市大気汚染管理能力向上プロジェクト
詳細計画策定調査報告書

平成 27 年 12 月
(2015 年)

独立行政法人国際協力機構
地球環境部

目 次

目 次

調査対象地域の定義と位置図

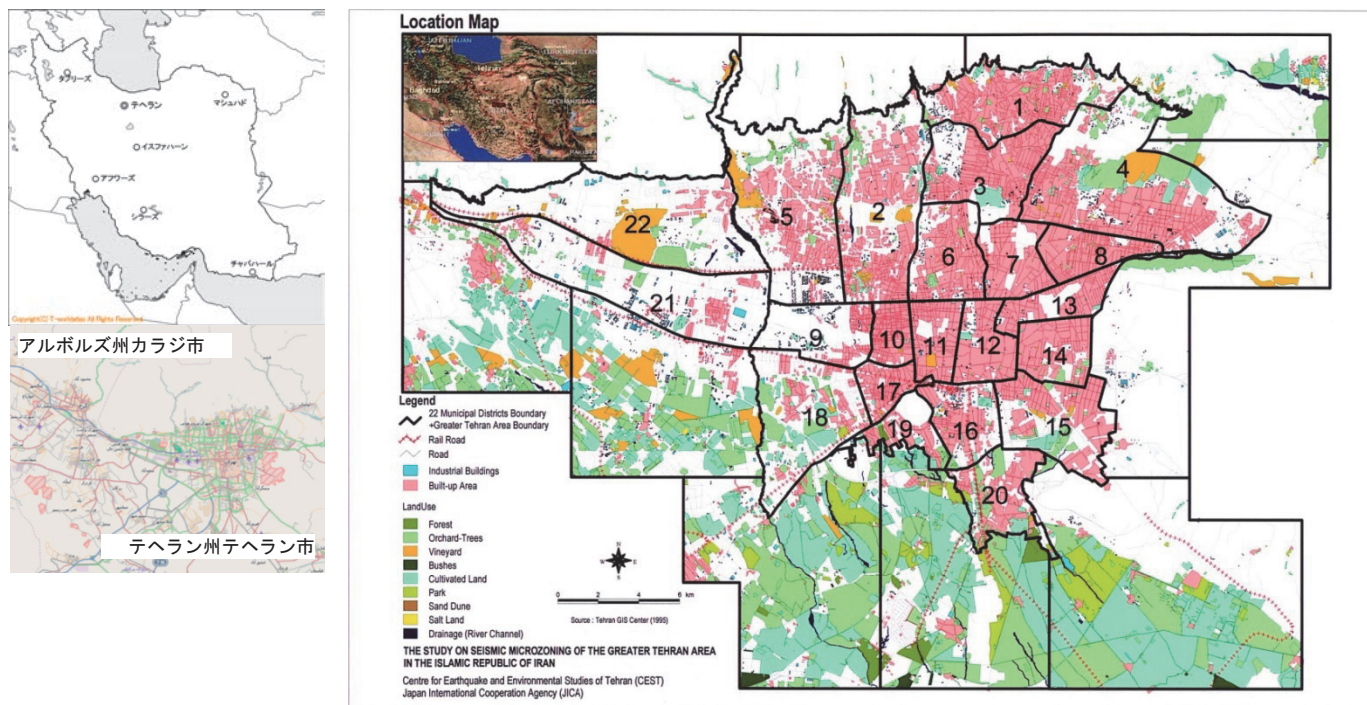
写 真

略語表

第1章 調査概要	1
1-1 案件要請の背景	1
1-2 調査の目的と方法	2
1-3 調査実施体制	3
1-4 調査日程	3
1-5 主要面談機関・面談者	3
1-6 案件実施の妥当性	3
1-7 主な調査・協議結果概要	5
第2章 調査結果	8
2-1 過去の JICA 開発調査による提案事項の実施状況	8
2-2 排出インベントリ及び排ガス測定	14
2-2-1 排出インベントリ全般	14
2-2-2 移動発生源の排ガス測定及び排出インベントリ作成	20
2-2-3 固定発生源の排ガス測定及び排出インベントリ作成	26
2-2-4 協力上の留意点	29
2-3 大気環境モニタリング	30
2-3-1 大気環境基準及び排出基準	30
2-3-2 大気環境モニタリングの主管機関	32
2-3-3 一般大気汚染物質の大気環境モニタリング	35
2-3-4 重点有害大気汚染物質	36
2-3-5 大気環境モニタリングに関する制度・体制・技術レベル	37
2-3-6 課題・問題点	38
2-3-7 協力上の留意点	39
2-4 PM2.5・PM10 汚染構造の解明	40
2-4-1 現状と課題	40
2-4-2 東京都による PM2.5 成分調査の参考事例との比較	42
2-4-3 精度と技術レベル	43
2-4-4 課題・問題点	43
2-4-5 協力上の留意点	45
2-5 大気汚染対策におけるシミュレーションモデルの活用	46
2-5-1 シミュレーションモデル活用の現状	46
2-5-2 課 題	50

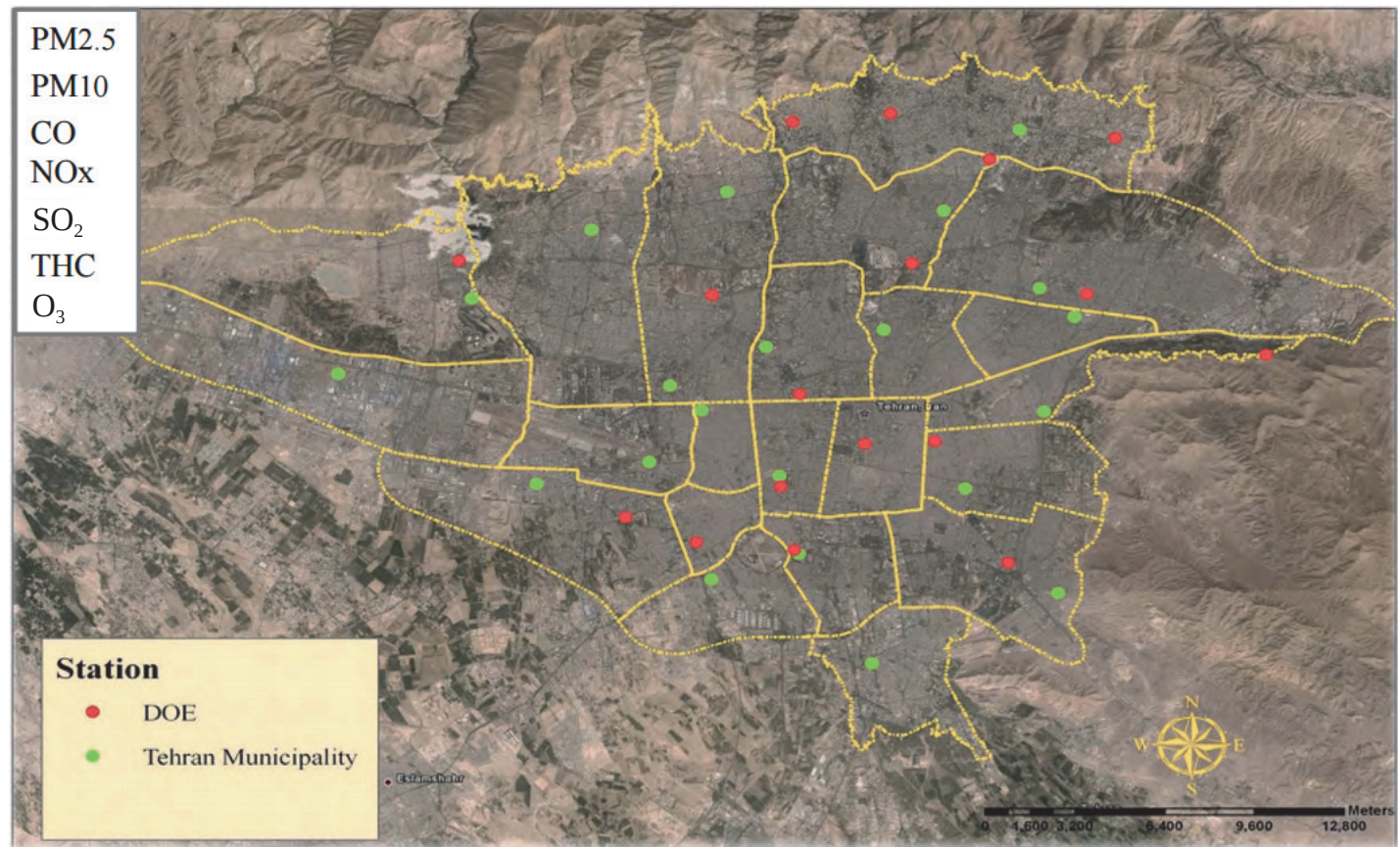
2-5-3 協力量針（案）	50
第3章 技術協力プロジェクトの構想	51
3-1 プロジェクト・デザイン	51
3-1-1 上位目標と指標	51
3-1-2 プロジェクト目標と指標	51
3-1-3 成 果	51
3-1-4 活 動	51
3-2 実施体制	52
3-2-1 先方実施体制	52
3-2-2 日本側実施体制	52
3-3 主要な機材及び分析委託費	53
3-4 技術協力プロジェクトの基本的な方向性	53
3-5 事業実施上の留意点	58
3-5-1 本体事業における課題・制約	58
3-5-2 関係機関の協力インセンティブの確保	59
3-5-3 技術移転対象人材の確保	59
3-5-4 関係機関間の協力体制	60
3-5-5 PM 成分分析における技術移転の方針	60
3-5-6 VOC の多成分分析及び PAH モニタリングにおける技術移転の方針	60
3-5-7 大統領選挙及びテヘラン市長選挙の影響	60
3-6 積み残し課題と対処策	61
第4章 調査団所感	62
4-1 総括所感	62
4-2 技術団員所感	63
4-2-1 移動・固定発生源排ガス測定	63
4-2-2 大気環境モニタリング	64
4-2-3 発生源インベントリ・大気汚染シミュレーション・対策評価	67
4-2-4 PM 成分分析・汚染源調査	67
付属資料	
1. 調査日程	73
2. 協議議事録（M/M）	74
3. 調査団概要説明資料	104
4. 各団員発表資料	108
5. 工場及び作業所に対する排出基準	146
6. 主要面談録	155
7. 参考資料・収集資料リスト	185

テヘラン市（図1）はテヘラン州に位置し、市内は22の行政区に分割されている。
（テヘラン市の西端は隣のアルボルズ州の州都カラジ（Karaj）市と接しており、工業地域や住宅地が同市と連続している。）



出典：The Study on Seismic Microzoning of the Greater Tehran Area in the Islamic Republic of Iran, Final Report, November 2000, JICA、Open Street Map、及び <http://www.sekaichizu.jp>

図1 テヘラン市の位置、テヘラン市域及びカラジ市との位置関係



出典：Dr. Zohreh Hesami, Environment and Sustainable Development Headquarter, Tehran Municipality, Health and Air Pollution Air Pollution – Challenges and Solutions, Jan. 2015.

図2 テヘラン市域の常時監視測定局分布図

写

真



ミッションの目的説明
〔テヘラン市大気管理公社（AQCC）、環境庁（DOE）〕
2015 年 9 月 28 日



SAIPA のシャーシダイナモメータ
2015 年 9 月 29 日



シャリフ工科大学、車載計
2015 年 9 月 29 日



シャリフ工科大学、車載計
2015 年 9 月 29 日



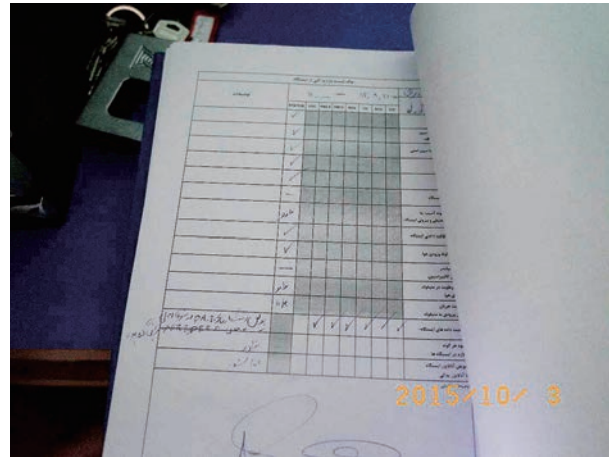
環境庁テヘラン州局（DOE-TPD）認可を受けた
民間ラボの代表とミーティング
2015 年 9 月 30 日



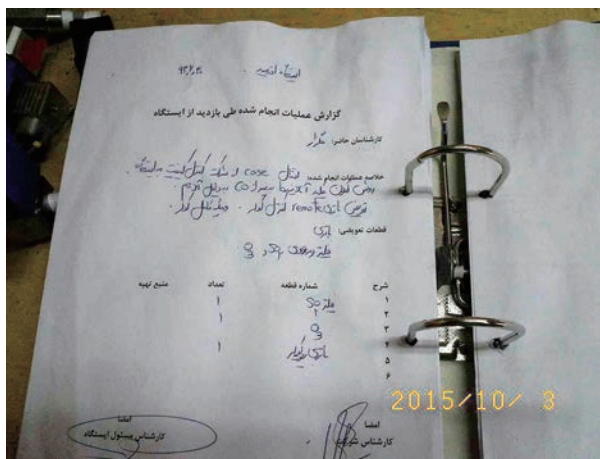
AQCC 大気環境モニタリング局、
District 7、2015 年 10 月 3 日



AQCC 大気環境モニタリング局
District 4、2015 年 10 月 3 日
District 4 ミニ Environment S.A.



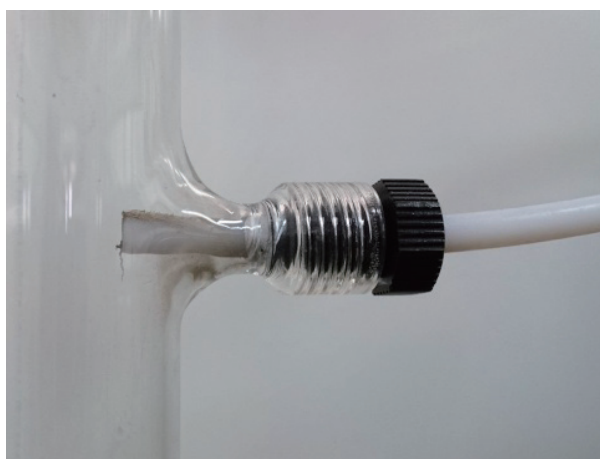
AQCC 大気環境モニタリング局
維持管理の記録



AQCC 大気環境モニタリング局
維持管理の記録、2015 年 10 月 3 日



AQCC 大気環境モニタリング局
試験的に運用されている小型センサー
Aqdasiyeh、2015 年 10 月 3 日



AQCC 大気環境モニタリング局、District 7
汚れが目立ち始めたテフロン管
2015 年 10 月 3 日



AQCC 大気環境モニタリング局
シャリ工科大学 PM2.5 サンプラー
2015 年 10 月 4 日



民間ラボ（原子吸光光度計）
2015 年 10 月 3 日



民間ラボ（原子吸光光度計）
2015 年 10 月 3 日



民間ラボ、工場排ガス採取装置（等速吸引）
2015 年 10 月 3 日



民間ラボ、工場排ガス採取装置（等速吸引）
2015 年 10 月 3 日



民間ラボ、ガスクロマトグラフィ質量分析計 (GC/MS)
2015 年 10 月 5 日



民間ラボ、高速液体クロマトグラフ (HPLC)
2015 年 10 月 5 日



イラン気象庁（IRIMO）でのミーティング
2015年10月4日



IRIMO でのミーティング
2015年10月4日



AQCC の倉庫に戻された VOC 測定器
2015年10月10日



AQCC の倉庫に戻された VOC 測定器
2015年10月10日



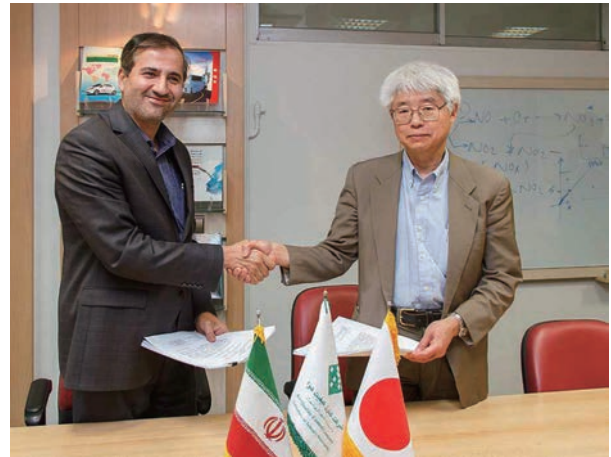
AQCC との最終ミーティング
2015年10月10日



AQCC との最終ミーティング
2015年10月10日



M/M サイニングセレモニー、AQCC
2015 年 10 月 11 日



M/M サイニングセレモニー、AQCC
2015 年 10 月 11 日

略 語 表

略 語	欧 文	和 文
AAS	Atomic Absorption Spectrometry	原子吸光分析法
AQCC	Air Quality Control Company	テヘラン市大気管理公社
AQI	Air Quality Index	大気質指標
ASMRC	Atmospheric Science & Meteorological Research Center	大気科学・気象研究センター
ASTM	American Society for Testing and Materials	米国材料試験協会
BOD	Biochemical Oxygen Demand	生物化学的酸素要求量
BRT	Bus Rapid Transit	バス高速輸送システム
BTEX	benzene – toluene – ethylbenzene – xylene	ベンゼン・トルエン・エチルベンゼン・キシレン
Cd	Cadmium	カドミウム
CD	Capacity Development	対処能力強化
CD	Chassis Dynamometer	シャーシダイナモメータ
CEMS	Continuous Emission Monitoring System	煙道排ガス連続モニタリングシステム
CMB	Chemical Mass Balance model	ケミカルマスバランス法
CMC	Chemical Mass Closure	質量濃度推定手法
CNG	Compressed natural gas	圧縮天然ガス
CO	Carbon monoxide	一酸化炭素
COD	Chemical Oxygen Demand	化学的酸素要求量
C/P	Counterpart	カウンターパート
C/P-WG	Counterpart Working Group	カウンターパート・ワーキンググループ
DOE	Department of Environment	環境庁
DPF	Diesel Particulate Filter	ディーゼル微粒子捕集フィルタ
EC	Elemental Carbon	元素状炭素
EC	Executive Committee for the Reduction of Air Pollution	テヘラン大気汚染対策委員会
ECD	Electron Capture Detector	電子捕獲型検出器
EPEFE	European Programme on Emissions, Fuels and Engine Technologies	燃料品質に関する自動車排出ガス低減のためのヨーロッパプログラム
EU	European Union	欧州連合
F ₂	Fluorine	フッ素

FCE	Fuel Combustion and Emission Center (of Sharif University of Technology)	燃料燃焼排気研究センター（シャリフ工科大学内に設置）
FID	Flame Ionization Detector	水素炎イオン化検出器
FNL	Final Analyses	解析データ
FRM	Federal Reference Method (of USEPA)	（米国 EPA の）連邦標準法
F/S	Feasibility Study	フィージビリティ調査
FTIR	Fourier Transformation Infrared Spectrophotometer	フーリエ変換赤外分光光度計
GC	Gas Chromatography	ガスクロマトグラフィ
GC/FID	Gas Chromatography/ Flame Ionization Detector	ガスクロマトグラフィ水素イオン化検出器
GC/MS	Gas Chromatography-Mass Spectrometry	ガスクロマトグラフィ質量分析計
GC/MS/MS	Gas Chromatography Tandem Mass Spectrometry	ガスクロマトグラフィタンデム質量分析計
GFS	Global Forecasting System	アメリカ国立気象局（NWS）が開発した気象予測モデル
GIS	Geographic Information System	地理情報システム
H ₂ S	Hydrogen Sulfide	硫化水素
HC	Hydrocarbon	炭化水素
HCl	Hydrogen Chloride	塩化水素
HF	Hydrogen Fluoride	フッ化水素
HPLC	High Performance Liquid Chromatograph	高速液体クロマトグラフ
IC	Ion Chromatography	イオンクロマトグラフィ
ICP/MS	Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry	誘導結合プラズマ質量分析計
ICP/OES	Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry	誘導結合プラズマ発光分析装置
IRIMO	Islamic Republic of Iran Meteorological Organization	イラン気象庁
IRR	Iranian Rial	イランリアル
ISO	International Organization for Standardization	国際標準化機構
IVE	International Emission Standard	国際自動車排ガスモデル
JCC	Joint Coordinating Committee	合同調整委員会
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
LDV	Light Duty Vehicle	軽量自動車
LEZ	Low Emission Zone	低排出ガス区域

LPG	Liquefied Petroleum Gas	液化石油ガス
M/M	Minutes of Meeting	協議議事録
MAP	Management Action Plan	マネジメントアクションプラン
MIS	Management Information System	管理情報システム
MM5	PSU/NCAR mesoscale model	ペンシルベニア州立大学（PSU）とアメリカ大気研究局（NCAR）によって開発された領域気象モデル
MPO	State Management and Planning Organization	大統領府計画管理機構
NCEP	National Centers for Environmental Prediction	米国環境予測センター
NDIR	Non Dispersive Infrared	非分散型赤外分光法
NH ₃	Ammonia	アンモニア
NMHC	Non-Methane Hydrocarbons	非メタン炭化水素
NO	Nitric Oxide	一酸化窒素
NO ₂	Nitrogen dioxide	二酸化窒素
NO _x	Nitrogen Oxide	窒素化合物
O ₃	Trioxxygen (Ozone)	オゾン
OC	Organic Carbon	有機性炭素
OECF	Overseas Economic Cooperation Fund	海外経済協力基金
OJT	On-the-Job Training	オンザジョブ・トレーニング
O&M	Operation and Maintenance	運営維持管理
OPEC	Organization of the Petroleum Exporting Countries	石油輸出国機構
ORSUITO	Organization for Relocation and Systematizing Urban Industrial and Trade Occupation	テヘラン市都市商工業移転整備機構
PAH	Polycyclic Aromatic Hydrocarbon	多環芳香族炭化水素
Pb	Plumbum	鉛
PCA	Principal Component Analysis	主成分分析
PCB	Poly Chlorinated Biphenyl	ポリ塩化ビフェニル
PD	Project Director	プロジェクト・ダイレクター
PDCA	Plan-Do-Check-Act	計画→実行→評価→改善（PDCA サイクルとは、事業活動における管理業務を円滑に進める手法の一つ）
PDM	Project Design Matrix	プロジェクト・デザイン・マトリックス
PEMS	Portable Emissions Measurement System	車載型排出ガス測定装置
pH	potential of Hydrogen	水素イオン指数

PM	Particulate Matter	粒子状物質
PM	Project Manager	プロジェクト・マネジャー
PM2.5	Particulate Matter less than 2.5 µm of particle size	2.5 ミクロン未満粒子状物質
PM10	Particulate Matter less than 10 µm of particle size	10 ミクロン未満粒子状物質
PMF	Positive Matrix Factorization model	正値行列因子分解法
PN	Particulate Number	排出粒子数
PO	Plan of Operations	活動計画
ppb	parts per billion	十億分率（10 億分の 1）
ppm	parts per million	百万分率（100 万分の 1）
ppt	parts per trillion	一兆分率（1 兆分の 1）
PTFE	Polytetrafluoroethylene	テフロン（フッ素樹脂）
PUF	Poly-Urethane Foam	ポリウレタンフォーム
QA/QC	Quality Assurance/Quality Control	品質保証・品質管理
R/D	Record of Discussions	討議議事録
ROS	Reactive Oxygen Species	酸素やヒドロキシルラジカルなど細胞に悪影響を及ぼす物質の総称
S	Sulfur	硫黄
----	source apportionment	発生源寄与評価
SATREPS	Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development	地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム
SCDM	Sustainable Capacity Development Matrix	自立発展性マトリックス
SDGs	Sustainable Development Goals	持続可能な開発目標
SMOKE	Sparse Matrix Operator Kernel Emissions	化学物質輸送モデル用排出データ作成プログラム
SO ₂	Sulfur dioxide	二酸化硫黄
SOP	Standard Operating Procedures	標準作業手順書
SO _x	Sulfur Oxides	硫黄酸化物
SPM	Suspended Particulate Matter	浮遊粒子状物質
TCD	Thermal Conductivity Detector	熱伝導度検出器
TDMMO	Tehran Disaster Mitigation and Management Organization	テヘラン市災害管理・軽減機構
TGIS	Tehran GIS Center	テヘラン GIS センター
THC	Total Hydrocarbons	全炭化水素

TMCSO	Tehran Municipality Computer Service Organization	テヘラン市コンピュータサービス機構
TOT	Thermal-Optical Transmittance	加熱分離・光学補正
TOT	Training of Trainers	トレーニング・オブ・トレーナーズ
TPD	Tehran Provincial Directorate	テヘラン州局
TSM	Total Suspended Matter	全浮遊物質
TTCC	Tehran Traffic Control Company	テヘラン交通管理公社
TTTO	Tehran Traffic and Transportation Organization	テヘラン市運輸交通機構
TUSRO	Tehran Urban & Suburban Railway Operation Company	テヘラン都市・郊外鉄道公社
UNDP	United Nations Development Programme	国連開発計画
USEPA (EPA)	United States Environmental Protection Agency	アメリカ合衆国環境保護庁
UTC	Universal Time, Coordinated	協定世界時
UV	Ultra Violet	紫外線
VOC	Volatile Organic Compounds	揮発性有機化合物
WHO	World Health Organization	世界保健機関
WRF	Weather Research and Forecasting	アメリカ大気研究局 (NCAR) によって開発された局地気象予測モデル

通貨レート

1 イランリアル (IRR) = 0.004111 日本円 (JPY) (2015 年 12 月 JICA 統制レート)

用語の説明

イラン暦：イランではイスラム教の預言者ムハンマドのヒジュラ（聖遷）の起こった西暦 622 年を紀元とするため、西暦から 621（春分以前は 622）を引いた年がイラン暦の年となる。また、イランでは春分の日（おおむね西暦 3 月 20 ～ 21 日）が元旦とされ、日本の年度の始まりとほぼ一致していることから、本報告書ではイラン暦を西暦年度で表すか、両者を併記することとする。

例：イラン暦 1392 年→ 2013 年 3 月 21 日から 2014 年 3 月 20 日まで（「2013 年度」）

第1章 調査概要

1-1 案件要請の背景

イラン・イスラム共和国（以下、「イラン」と記す）（人口 7,500 万人、イラン人口センサス、2011）は世界的に最も深刻な大気汚染問題を抱える国のひとつであり、近年の大気汚染の都市別ランキングでは 10 位中 4 都市がイランの都市である〔世界保健機関（WHO）、2013¹〕。西アジア最大都市である首都テヘランとその周辺を含む大テヘラン圏の人口は約 1,500 万人（イラン国家統計、2015）であるが、北東部に急峻な山脈を擁する地形や都市域の急速な拡張が原因となり、大気汚染とそれによる呼吸器疾患などの健康被害が深刻化し、事業所や学校の閉鎖、交通制限など、市民生活に影響を与えている。大気汚染によるテヘランでの年間死者は約 4,500 人（保健衛生当局、2013 年²）と推計されている。汚染原因の約 80 ～ 85% は自動車などの移動発生源、残りが発電所や工場などの固定発生源とされるほか、周辺域や隣国からの砂塵の飛来が一因となっているともいわれる。

イラン政府は 1990 年代以降、独立行政法人国際協力機構（JICA）の開発調査（1994 ～ 1997 年「大テヘラン圏大気汚染総合対策計画」、2002 ～ 2004 年「大テヘラン圏大気汚染管理強化及び改善計画調査」の 2 回実施）の支援を通じて固定発生源及び移動発生源の排出インベントリ作成に着手するとともに、乗用車の設備改善・検査強化、燃料の改良、大気環境モニタリングステーションの増設、地下鉄・バスなどの公共交通整備、排気ガスのモニタリング強化などの各種対策により、喫緊の課題であった一酸化炭素（CO）濃度をイラン政府の定めた基準値以下まで削減することに成功した。

テヘラン市の大気環境モニタリングは、テヘラン市役所交通運輸担当局下の大気管理公社（Air Quality Control Company : AQCC）と環境庁（Department of Environment : DOE）のテヘラン州局（Tehran Provincial Directorate : DOE-TPD）が共同で行っている。また移動発生源及び交通インフラからの排出管理や対策提案を AQCC が、固定発生源を含む大気管理全般の法制度整備を DOE がそれぞれ中心的に担っている。

テヘラン市においては、基準値の 6 倍に達している粒子状物質（Particulate Matter : PM）の PM10 をはじめ、PM2.5、二酸化硫黄（SO₂）、二酸化窒素（NO₂）の年間平均濃度が大気環境基準を超過している。世界的にも比較的最近注目されるようになった PM については発生源や汚染構造が十分明らかにされておらず、その解明とそれに基づく対策の検討が必要である。また、発がん物質であるベンゼン〔揮発性有機化合物（Volatile Organic Compounds : VOC）の一種〕やベンゾ[a]ピレン〔多環芳香族炭化水素（Polycyclic Aromatic Hydrocarbon : PAH）の一種〕の大気中濃度も高く、社会問題化しているものの、これらの物質は種類が多く発生源や測定法も複雑であることから、行政機関によるモニタリングはほとんど未着手である。さらに、市内に約 40 ある AQCC と DOE-TPD の自動測定局の運用状況についても、大半で年間測定時間数がわが国基準を下回るなど、大気環境モニタリング能力に課題を抱えている。

近年、AQCC が先行して CO 以外の汚染物質を含めた包括的な排出インベントリの編纂を進めている。しかし、AQCC が所轄する移動発生源に関してはテヘラン市の自動車排ガスの実態を反

¹ http://unstats.un.org/unsd/demographic/sources/census/2010_PHC/Iran/Iran-2011-Census-Results.pdf

² <http://phys.org/news/2013-01-tehran-air-pollution-dead-health.html>

映した排出係数の算出が課題となっており、また DOE-TPD が所轄する固定発生源に関しては施設や排出状況についての調査分析が不足している。このため大気汚染の正確な実態や発生要因が把握されておらず、有効な対策を検討できる環境がまだ整っていない。

以上より、テヘラン市の大気汚染の原因に応じた対策を計画し実施するためには、PM・SO₂・NO₂などの従来型の大気汚染物質、及びVOC・PAHなどの新たに取り組むべき有害大気汚染物質について、大気環境モニタリングの改善、大気汚染の発生要因及び構造の解明、及びそれらに基づく効果的な大気汚染低減策の立案・評価を行う必要が生じている。

上述の状況の下、2014年にイラン政府からわが国及びJICAに対し、AQCCをカウンターパート（C/P）機関とし、①PM10・PM2.5のサンプリングと発生源寄与評価（Source Apportionment）、②アスベスト・PAHの観測・分析、③排出インベントリの作成を実施する技術協力の要請が提出された。上記要請を受け、JICAは2015年5月21日から6月3日にかけて基礎情報収集・確認調査を実施した（JICA「イラン・イスラム共和国テヘラン市大気汚染管理情報収集・確認調査報告書」参照）。その後同案件が技術協力プロジェクトとして採択されたことを受け、今般、詳細計画策定調査団を派遣した。

1-2 調査の目的と方法

本調査は、以下を目的として実施した。

- ① 協力の枠組について実施機関等と協議、合意すること。
- ② 本格協力の実施に必要な関連情報の収集・整理を行うこと。
- ③ 本格協力の実施方法、留意事項等について確認し、詳細計画策定調査結果に纏めること。
- ④ 以上の結果を踏まえ、プロジェクト・デザイン・マトリックス（Project Design Matrix : PDM）（案）、活動計画（Plan of Operations : PO）（案）、先方負担事項等を含む討議議事録（Record of Discussions : R/D）（案）、を作成し、先方代表 C/P 機関と協議議事録（Minutes of Meeting : M/M）を締結すること。

また、以下の方法により調査業務を行った。

① 国内有識者ヒアリングの実施

協力内容や機材の技術的妥当性について、日本国内の大気汚染対策及び排ガス測定の有識者からの意見ヒアリングを実施した（9月17日）。

② PDM（案）の作成

事前国内作業にて調査団団内打合せ PDM（案）を作成した。

③ 先方機関関係者に対する日本の取組状況の紹介

大気汚染対策に関するモニタリングや分析のテヘランにおける課題について、先方関係者と調査団の間で共通認識を醸成するため、各技術団員より、担当分野における日本の適用技術や取組事例、関連調査研究、自治体レベルでの適切な取組内容について、イラン側関係者に対し説明を行った（付属資料4.「各団員発表資料」参照）。

④ 前回調査時の事前質問票の回収と分析

基礎情報収集・確認調査に際して2015年5月に事前送付していた先方関係機関宛の質問票に対する先方回答が前回調査期間中には得られなかったため、今般現地調査期間中に回収し、事後国内作業において情報の取りまとめと分析を行った。

1-3 調査実施体制

担当事項	氏 名	所 属	現地調査期間
総括／大気行政	山田 泰造	JICA 国際協力専門員	2015 年 9 月 27 日（日） ～ 10 月 12 日（月）
協力企画	大西 静	JICA 地球環境部環境管理 第 2 チーム	同上
発生源インベントリ・大 気汚染シミュレーション ・対策評価	前田 浩之	株式会社数理計画	同上
移動・固定発生源排ガス 測定	越智 俊治	グリーンブルー株式会社	同上
大気環境モニタリング	高橋 圭一	日本工営株式会社	同上
PM 成分分析・汚染源調査	山口 高明	一般財団法人日本気象協会	2015 年 10 月 2 日（金） ～ 12 日（月）

1-4 調査日程

付属資料 1. 「調査日程」のとおり。

1-5 主要面談機関・面談者

AQCC	Vahid Hosseini 総裁 Hossein Shahidzadeh 副総裁 Mohammad Ali Najafi 維持管理運営課長（大気環境モニタリング担当部署）
DOE-TPD	Mohammad Rastegari 大気測定・管理部長 Mostafa Hajihadi ラボラトリー長
DOE シャリフ工科大学	Shafie-Pour 国際協力・国際条約局次長、大気・気候変動センター担当者 Vahid Hosseini 教授兼燃料燃焼排気研究センター長 Mohammed Arhami 助教授（PM 成分分析専門）
その他	イラン気象庁（IRIMO）、排ガス測定業者、分析業者、大気環境測定機 材維持管理業者、テヘランセメント工場、などと面談を行った。

1-6 案件実施の妥当性

本案件は以下の理由から実施の妥当性が高いと考えられる。

（1）持続可能な開発目標（Sustainable Development Goals：SDGs）の大気関連目標及び指標との整合性

大気環境改善に関連する SDGs 下の目標として以下が掲げられており、PM2.5 及び PM10 を指標に含めるべきとの国際的議論がなされている。本技プロはイラン側の PM2.5 及び PM10 による大気汚染への対処能力を高め、市民の健康保全のために PM への暴露を低減するための政策や対策を促進することを中心課題としており、モンゴル技プロ、メキシコ

SATREPS と並び、世界的に PM 汚染の深刻な大都市において対策を推進するための JICA の代表的支援として位置づけられる。

- ・ゴール 3：健康福祉（3.9 有害化学物質と大気汚染による死亡率・病気件数の大幅減少）
- ・ゴール 11：安全かつレジリエントで持続可能な都市・人間居住（11.6 大気質への配慮を通じた都市部の環境影響緩和）
- ・ゴール 12：持続可能な生産消費（12.4 大気への排出大幅削減、ヒトの健康・環境への悪影響緩和）

（２）対イラン核関連経済制裁解除及びわが国の関連産業進出への対応

核交渉の進展に伴う対イラン制裁解除に向けた動きに伴い、わが国を含む各国の環境ビジネスや自動車産業のイラン進出の動向が加速しつつある。最新の排ガス欧州基準への適合をめざすテヘラン市に対する排ガスや大気環境のモニタリング能力向上支援は同国及び世界のニーズに合致しており、同国に対する今後の投資拡大に備えた準備として時機を得た支援内容である。

（３）AQCC 支援を通じて期待される他都市への波及効果

テヘラン市は自治体でありながら 1990 年代までは首長が閣僚級相当の地位を有するなど、イランにおいて重要な位置づけを占めている。自治体の市役所の下に大気汚染測定・対策の半官半民組織を配置しているのは現時点では首都テヘラン市のみであるが、AQCC による先駆的取り組みについて他都市からの技術支援の要望が寄せられており、既に AQCC からマシャッド（イラン第 2 の都市、人口約 300 万人）への支援やイスファハン（第 3 の都市、人口約 180 万人）への専門家派遣などを無償で行っているとのことである。このようにテヘラン市及び AQCC はイラン国内における都市大気汚染対策の先進的存在と位置づけられ、AQCC はテヘラン市の行政枠組みを超えて他都市に支援を行う潜在的キャパシティを有していることから、本技プロでその強化を図り、事業成果を他都市に対する普及に用いることが可能となる。

（４）AQCC 支援を通じて期待される大気汚染対策の促進

AQCC が本協力を通じて、よりの確に大気汚染状況と汚染源の把握を行い、信頼度の高いデータや技術的な検討結果を活用してテヘラン市及び国レベルの関連機関への働きかけを、イラン側のさまざまな委員会などを通じて行うことで、具体的な大気汚染対策の形成と実施が促進されることが期待できる。実際に AQCC が調査分析を対策の実現につなげた例として、AQCC による大型ディーゼル車両へのディーゼル微粒子捕集フィルタ（Diesel Particulate Filter：DPF）導入の取り組みや、燃料の硫黄分濃度分析とそれに基づく保健省や法務大臣への働きかけを通じてテヘラン市に流通する燃料の質の改善を成し遂げた例、低排出ガス区域（Low Emission Zone：LEZ）の導入等が挙げられ、他の主要都市もテヘラン市に学んでこれら対策を導入つつある。また、AQCC は各省代表が参加する月例の国家レベル大気汚染管理会議にも出席している。

(5) テヘラン市民の健康保全への貢献

本協力は、健康被害の大きい大気汚染物質とされる PM に加えて、大気環境中及び自動車排ガス中の VOC の多成分分析による有害物質の特定、発がん性のあるベンゼンやベンゾ[a]ピレンへの試行的なモニタリングを含み、テヘラン市民の健康保全への貢献を最大化するものとなっている。これにより、イラン側における官民の本件への重点度が持続し、関連大気汚染対策実施の促進が行われることが期待できる。

1-7 主な調査・協議結果概要

主な調査・協議結果を以下に記す。詳しくは本報告書の第3章及び付属資料2、「協議議事録(M/M)」も参照のこと。

(1) 成果項目の再整理

事業プロジェクト運営管理を明快にするため、成果項目について当初10項目あったものを次の4項目に再整理した。なお、調査団から JICA の予算制約について説明し、これに対し AQCC 側の考える優先度（成果1→4→3→2）が示された。

成果1：固定・移動発生源の排ガス測定、活動調査、及びインベントリ改善

成果2：従来型及び新たな重点汚染物質の大気環境モニタリング強化

成果3：レセプターモデル（観測点に基づく解析方法）による PM 発生源寄与割合の推定

成果4：シミュレーションモデリングを活用した大気汚染低減策の効果評価

(2) 対象地域

当初の計画どおりにテヘラン市域（全22区）とする。ただしイラン側関係者より市外（特に南西方向、一部はアルボルズ州域となる）にある固定発生源が、市内大気環境に及ぼす影響が無視できない可能性がある、との指摘が出たことから、大気環境モデリングにおいては必要に応じ上記の要素も考慮に含めることとした。

(3) 事業実施体制

カウンターパート・ワーキンググループ（C/P-WG）には AQCC の他に環境省テヘラン州局（DOE-TPD）、シャリフ工科大学、テヘラン市役所運輸交通局の参画を得ることとした。また、C/P として AQCC から8名、DOE-TPD から1名、シャリフ工科大学から3名の仮指名があった。

JCC メンバー機関は上記の C/P-WG メンバー機関に加え、DOE 本省の大気・気候変動局、AQCC アドバイザー兼ボードメンバー、及びオブザーバー機関として大統領府計画管理機構（State Management and Planning Organization：MPO）とした。

上記のうち MPO については当初予定していなかったものの、R/D の承認機関であることから今般調査にて訪問したところ、本技プロの効果発現と自立発展性について高い関心が寄せられ、監督機関として JCC 参加の意向が示されるとともに、予算手当や免税などについても協力したいとの意向が示された。

技プロ実施体制の対象外ではあるが、テヘラン州レベル大気汚染削減タスクフォース、市役所、市議会関連委員会などの上位構造に対しても適宜情報共有を行う体制とした。

また AQCC が毎年 1 月頃に主催し、テヘラン市長・民間セクター（特に自動車産業）・産業省・保健省・研究機関・民間ラボなど幅広いステークホルダーが参加する「大気汚染及び騒音対策会議（Air & Noise Pollution Management Conference）」においても本技プロの情報発信を行うことが先方より提案された。

（４）DOE-TPD 向け協力内容の追加

本技プロは AQCC を直接の C/P 機関とする。一方で大気環境行政の所轄省庁であり 2011 年に 2 件の技術協力要請を提出した DOE（採択に至らず）、固定発生源の監督規制を所掌する DOE-TPD とは、本案件にとどまらず今後の対イラン環境協力において良好な関係構築が重要である。このことから、DOE-TPD に対する協力として、以下の小規模な支援を追加することとした。

- ① 固定発生源排ガス測定業者の排ガス測定業務の品質管理に係る DOE-TPD の能力強化
- ② 主要固定発生源の煙道排ガス連続モニタリングシステム (CEMS) の DOE-TPD へのデータ転送の改善（異なるメーカー製 CEMS のデータを統合可能かつアクセス可能な状態にする）

（５）供与機材の選定

本技プロで行う大気・排ガス試料分析について、当初イラン国内にある分析機材の活用もしくは分析機材の新規供与を可能性として想定していたが、調査の結果、本技プロの活動に該当する必要分析機材がイラン国内にないことから、原則として試料を本邦に持ち帰り分析業務を国内発注することとした。以上より、本技プロでは、各種の測定機材及びサンプリング機材を中心とした機材供与を行う方向で検討する。

（６）能力強化対象としての民間業者

2015 年 5 ～ 6 月の基礎情報収集・確認調査の時点では、テヘラン市内外の測定局の維持管理を受託する（AQCC の OB が立ち上げた）特定業者を能力強化の対象と想定していたが、本調査時点で契約解除となり業者の再調達が行われている。また、排ガス測定・分析業者についても複数の社が存在し、能力強化対象の特定は困難である。よって、一義的な能力強化対象は AQCC や DOE-TPD などの行政機関とし、これらの行政機関に対する能力強化支援をトレーニング・オブ・トレーナーズ (TOT) と位置づけ、必要に応じこれら行政機関による業者指導を間接的に支援することとする。

（７）その他、M/M・R/D 案上の特記事項

その他特記事項として、以下を M/M・R/D 案に記載した。

- ③ 経済制裁が遅くとも技プロ開始後 1 年以内に解除されない場合は、一部機材の導入が困難となり、VOC チューブサンプリングや成果 4 関連などの機材を必要としない活動を除いては協力期間内の実施が難しくなるリスクがある。その場合、活動や投入を見直すこととしている。
- ④ JICA 予算によって内容・投入変更の可能性がある。
- ⑤ 機材の運営維持管理 (O&M) 予算の重要性（例：測定局機材は年間 O&M 予算が本体

価格の 10% 必要、7 年ごと更新要) を明記した。

- ⑥ 関連の JICA 協力 (石油省を対象とした温暖化ガス関連の研修、交通分野など)、他ドナーとの連携を行う。
- ⑦ AQCC は自治体テヘラン市の機関であることから、専門家の入国・滞在や免税に係る R/D 条項については署名権限がないとの先方からの指摘があった。このため JICA イラン事務所と相談した結果、関連のイラン外務省発同事務所宛レターの引用を追記することとした。

第2章 調査結果

2-1 過去の JICA 開発調査による提案事項の実施状況

JICA「大テヘラン圏大気汚染総合対策計画調査（1994～1997）」と「大テヘラン圏大気汚染管理強化及び改善調査（2002～2004）」で提案された項目の実施状況を、それぞれ表2-1と表2-2に示す。

1回目の開発調査の提案に関しては、環境大気測定とその結果の広報、自動車発生源対策、インベントリの構築の3分野についてはおおむね実施され、COが環境基準を超過することがほとんどなくなったことから、PM2.5という新しい課題に向けた技術移転が有効に活用される素地があるといえる。

2回目の開発調査の提案に関しては、同調査にて作成されたマネジメントアクションプランに加え、同調査が支援対象としたテヘラン大気汚染10カ年アクションプラン（2000～2010）の実施も推進された。

表2-1 「大テヘラン圏大気汚染総合対策計画調査」の提案実施状況

番 号	提 案	現 況
1-1-1	インベントリシステムの構築	2003年度に「イラン・イスラム共和国大テヘラン圏大気汚染管理強化及び改善調査」にてDOE-TPDとAQCCがインベントリを構築したが、その次はAQCCが単独で2015年度に構築した。AQCCは今後継続的に更新する意向である。
1-1-2	環境影響評価	不明
1-1-3	環境大気モニタリングシステム	AQCCは、AQCC独自のデータ転送、遠隔校正、電光掲示板、スマホアプリを含むデータ公表システム等を構築した。また、Tehran Annual Air Quality Reportを2011年度版から発行している。
1-1-4	環境管理に関する人材開発	2005年の大統領交代後に離職者が多発したものの、それ以降はおおむね順調に人材開発が進捗している。
1-2-1	国家環境センターの設立	不明
1-2-2	テヘラン市環境研究推進センター	組織は設立されていないが、燃料燃焼排気研究センター（FCE）、テヘラン大学、テヘラン医科大学等との協調により環境研究が推進されている。
1-2-3	専門家認定制度	不明
1-2-4	テヘラン市の大気汚染関連活動の再編	組織は再編されていないが、組織間連携は強化された。
2-1-1	環境大気測定局の増強	世銀有償資金協力及びテヘラン市独自財源により、DOE-TPD及びAQCCは、2005年から2011年にかけて測定局を追加した。その結果、AQCC21局、DOE-TPD18局計39局になった。ただし、DOE-TPDの3局が停止しているため、稼働しているのは36局である。また、

		2010 年度より、PM2.5 の測定を開始した。
2-1-2	測定に関する人材開発	環境大気測定局の修理、車載計を用いた排ガス測定等が可能となったことから、測定に関する人材開発は進捗していると推定される。
2-2-1	移動発生源の監査・維持管理システム	不明
2-2-2	固定発生源の監査活動強化	大規模煙源については連続自動測定装置が設置されインターネットを通じて遠隔確認が可能となった。
2-2-3	排出削減量に関するガイドライン	自動車分野については、EURO-2、EURO-4 などの排出基準が導入された。
2-2-4	地域検査ラボの改善	DOE-TPD による排ガス測定事業者の管理にはまだ改善の余地が大きい。
3-1-1	公共交通システムの強化	地下鉄、バス高速輸送システム（BRT）、乗合タクシーのワゴン車化等の導入を通じ強化が続いている。
3-1-2	駐車スペースと設備の増強	不明
3-1-3	道路構造の変更	交差点の立体交差化、都市内道路トンネルの建設などにより、交通容量の増加が図られてきた。
3-2-1	交通制御の改善	ナンバープレート規制、LEZ、バスロケーションシステムなどが導入され、交通制御の改善が図られてきた。
3-2-2	交通制御システムの改善	渋滞情報収集・広報システム、信号連携、交通監視カメラなどの導入により、交通制御システムの改善が図られてきた。
3-2-3	交通効率の改善	渋滞情報広報システム、信号連携などを用いて交通効率の改善が図られてきた。
3-2-4	自動車検査システムの強化	不明
3-2-5	自動車免許システムを含む交通規制の強化	交通監視カメラを用いた違反者摘発システム、交通違反者教育などが導入された。
3-2-6	低排出車両に対するインセンティブ	LEZ が導入された。
3-2-7	排ガス規制の導入	EURO 規制が導入され、2014 年からは EURO-4 規制に強化された。
3-2-8	廃車に対するインセンティブ	市内で登録されているタクシー用ペイカンを更新させるプロジェクトが継続されており、ハイブリッド車への切り替え推奨も検討されている。
3-2-9	整備工場の改善	不明
3-2-10	検査・メンテナンスのトレーニングコースの解説	不明
3-2-11	自動車技術センターの設立	不明
3-2-12	技術協力プロジェクト	本技プロを要請した。

3-3-1	自動車用エンジンの改善	EURO 規制の導入、EURO-4 規制への強化に対応したエンジンが製造されるようになった。
3-3-2	自動車用部品製造業者の改善	上記のエンジンに必要な部品が製造されるようになった。
3-3-3	触媒の導入	触媒追加設置等のプロジェクトが実施された。
3-3-4	自動車メンテナンスシステムの改善	不明
3-3-5	国際協力の推進	プジョー、起亜自動車、MAN などの協力を得て、EURO 規制などへの対応が進んだ。
3-4-1	燃料品質の改善	大型バスの圧縮天然ガス（CNG）化、ガソリンの無鉛化が進み、近年は AQCC が低硫黄化・ガソリンの低ベンゼン化などを働きかけている。
3-4-2	軽油の低硫黄化	AQCC が軽油の低硫黄化を働きかけている。
3-4-3	有鉛ガソリンの中止	ガソリンの無鉛化は完了した。
3-4-4	含酸素燃料添加剤プラントの建設	不明
3-4-5	LPG 及び LNG 車両の増強	タクシーの液化石油ガス（LPG）化、大型バスの CNG 化などのプロジェクトが実施された。公共交通用大型バス車両のうち民活路線はほぼすべて CNG 車両となっている。
3-4-6	燃料価格改革	2002 年時点では約 5 円 / リットルであったが、2012 年には約 45 円 / リットルにまで値上げされた。
3-5-1	啓発活動の推進	高濃度日の市民活動規制の実現などのため、さまざまな啓発活動が推進された。
3-5-2	排出削減のための公共キャンペーン	タクシーの LPG 化、キャブレター交換の推進などのため、さまざまなキャンペーンが実施された。
3-5-3	公共交通機関の拡充のための啓発活動	地下鉄利用促進など、さまざまな啓発活動が実施された。
4-1-1	サブセクターの現状調査	不明
4-1-2	マスタープランの作成、フィージビリティ調査 (F/S)	不明
4-2-1	省エネへの動機づけ	省エネ活動の推進を通じ、電球の蛍光灯への置換、燃費ラベルによる低燃費自動車の推奨などが実施されている。
4-2-2	排出削減投資への動機づけ	不明
4-3	クリーナープロダクション技術の情報の普及	不明

4-4	燃焼技術の改善	不明
4-5-1	煙道排ガス脱硫のためのモデルプラントの建設	不明
4-5-2	モデルボイラの建設	不明
4-5-3	バーナーの改善	不明
5-1	家庭用ヒーターの標準化	不明
5-2	家庭用調理器具の標準化	不明
6-1	環境意識の強化	市がプロモーションした対策はメディアを通じて環境意識の強化に役立っている。
6-2	クリーンフューエル利用の動機づけ	不明
6-3	メディアを通じたキャンペーンの展開	自動車関連政策は、メディアを通じたキャンペーンを通じ紹介されている。

出典：詳細計画策定調査団（2015）

注記：「大テヘラン圏大気汚染総合対策計画調査最終報告書」要約編の表 6.1.1 の全項目に対し、詳細計画策定調査団が現況を記入。

表 2-2 「大テヘラン圏大気汚染管理強化及び改善調査」の提案実施状況

提 案	現 況
EC（テヘラン大気汚染対策委員会）事務局の機能強化	不明
白書作成	AQCC は、Tehran Annual Air Quality Report を 2011 年度版から作成している。
EC への MIS（管理情報システム）導入	不明
各機関への啓蒙活動	AQCC は、市役所交通関連部局、石油庁などへの啓蒙活動を実施した。低硫黄軽油の優先流通などの成果に現れている。
DOE の人材育成	DOE-TPD の大気環境モニタリング部門は測定値の精度管理・データ公開などについて人材育成が強化された。DOE-TPD のラボの人材育成は 2005 年から大きく変化していない。
DOE 内啓蒙活動	不明
インベントリデータの精度改善	AQCC は、小規模固定発生源の活動量データとして燃料販売統計を活用する、同分野の排出ガス計測値を用いた排出係数を利用するなど、改善が続けられている。
インベントリデータを用いた大気汚染状況の分析	AQCC は、2013 年度排出インベントリを出版し、各種シミュレーションモデルの入力データとして活用を開始した。
測定局の増加	世銀有償資金協力及びテヘラン市独自財源により、DOE-TPD 及び AQCC は、2005 年から 2011 年にかけて測定局を追加した。その結果、AQCC 21 局、DOE-TPD 18 局計 39 局になった。ただ

	し、DOE-TPD の 3 局が停止しているため、稼働しているのは 36 局である。
測定技術向上のための技術訓練	不明
削減目標値の設定	大気環境基準を達成することを排出削減の目標に定めている。
汚染状況の広報・教育	街頭電光掲示板、AQCC スマホアプリ、AQCC ウェブサイト、DOE-TPD ウェブサイトなどを通じて汚染状況を広報するとともに、教育用資料を作成し公開している。
研究情報の普及	AQCC は燃料・排出インベントリなどに関する研究情報を積極的に出版している。さらに、AQCC は市及びシャリフ工科大学と共同で、2013 年から National Conference on Air & Noise Pollution Management を毎年開催し、研究情報の普及・共有を推進している。
輸入車への規制	2010 年度から EURO-2 規制を適用し、2014 年度からは EURO-4 を導入した。
国産車への規制	同上
大型車（バス）への規制	同上
オートバイへの規制実施	同上
ペイカンインジェクション交換	キャブレター交換事業が実施された。
LPG タクシー触媒処理機取り付け	触媒装置を後付けするプロジェクトが実施された。
オートバイ触媒処理機取り付け	不明
乗用車の新車更新	施策としてどのように実施したかは不明であるが、乗用車の新車更新が進捗し、白煙を出す車両やペイカンの割合は大きく低下した。
燃料質の改善	ベンゼン規制値が引き下げられ、また、AQCC は独自の燃料成分分析報告書を用いて石油庁などへの働きかけを行っている。
CNG への転換	大型ディーゼルバスの CNG への転換が進められた結果、市内公共交通に使用されている 6,437 台の大型バスのうち、私企業が運用している 4,211 台のほぼすべてが CNG バスとなった。近年は排出ガスがクリーンなディーゼル車を調達できるようになったため、CNG への転換は中止された。
省エネ意識向上の広報活動の実施	省エネ活動の推進を通じ、電球の蛍光灯への置換、燃費ラベルによる低燃費自動車の推奨などが実施されている。
CNG バスへの転換・触媒処理機取り付け	前出のとおり
ミニバスの燃料転換	不明

車両買替の促進	不明
車検・修理プログラムの導入	不明
車検センター設置	不明
車検センター技術訓練	不明
車検促進のための広報活動の実施	不明
パーキングメータ設置	市は、パーキングメータを増やし、かつ、支払手段を通じて利便性を高めるため、電子マネーへの対応が進んだ。
信号機設置	市は、信号機を追加し、交通信号連携制御及び交通監視カメラの映像を参考にする遠隔手動制御を導入した。
交通警察の技術訓練	不明
駐車管理計画の立案	不明
信号機設置計画の見直し	不明
運転マナー改善に関する広報活動の実施	市は、渋滞情報に関する TV 番組中に、運転マナー改善に関する広報プログラムを組み込んでいる。また、交通管制センターなどでの講習会においても運転マナー改善に関する教育プログラムを組み込んでいる。
バス増車	市は BRT の導入時などに増車した。
鉄軌道整備	市はほぼ毎年 15 km のペースで地下鉄路線を拡大している。
公共交通利用促進の啓蒙活動	市は、渋滞情報に関する TV 番組中やバス停の広告に、公共交通利用促進の啓蒙活動プログラムを組み込んでいる。
ノーカーデーの実施	不明
工場の CNG への転換	CNG ではないが、ガス管を通じた天然ガスへの燃料転換が推進された。
工場の省エネ推進	不明
工場の移転計画／工業地域計画の策定	テヘラン市都市商工業移転整備機構（ORSUITO）は、テヘラン市南東部の Khavaran Industrial State を実際に開設し、移転させている。
家庭の CNG への転換	CNG ではないが、ガス管を通じた天然ガスへの燃料転換が推進された。
家庭の省エネ推進	電球から蛍光灯への転換などが推進されている。
家庭への太陽光発電の導入促進	不明
住居の断熱材利用の促進	不明

出典：詳細計画策定調査団（2015）

注記：「大テヘラン圏大気汚染管理強化及び改善調査」要約編の図 3 の個別施策の全項目に対し、詳細計画策定調査団が現況を記入。

2-2 排出インベントリ及び排ガス測定

2-2-1 排出インベントリ全般

テヘラン州及びテヘラン市における排出インベントリの作成責任主体は、前回調査の質問票に対する AQCC の回答では AQCC とされており、他方で DOE 及び DOE-TPD もインベントリ作成の構想や計画を有していることから、表 2-3 に示すとおり、両組織とも作成主体となる可能性が考えられる。

表 2-3 排出インベントリの主管機関

主 管	根 拠
DOE DOE-TPD	DOE から技術協力の要望があった 2 件のうちの 1 件は「development of an emission inventory in Iran」として、8 大都市を管轄する州レベルの DOE が排出インベントリを構築する内容となっていた。そのため、排出インベントリの主管は州レベルの DOE であり、DOE 本省は州レベルの DOE を指導する役割を想定していたと考えられる。
AQCC	AQCC の維持管理運営課長（大気環境モニタリング担当部署）によれば、テヘラン市長が AQCC を排出インベントリの担当機関に指定しているとのことである。

出典：詳細計画策定調査団、2015

排出インベントリの取り組み状況を表 2-4 に示す。AQCC は最近 5 年以内に実際に排出インベントリを構築している。

また、DOE-TPD が作成した排出インベントリ策定計画を図 2-1 に、AQCC が作成・出版した報告書の表紙を図 2-2 にそれぞれ示す。

表 2-4 排出インベントリの取り組み状況

主 管	取り組み状況
DOE	8 大都市排出インベントリの整備に関する技術協力要請書を提出するなど、排出インベントリの整備が必要と認識している。
DOE-TPD	DOE-TPD を C/P 機関として実施した「大テヘラン圏大気汚染管理強化及び改善調査（2002 ～ 2004）」において、同開発調査にて提案されたマネジメントアクションプラン（Management Action Plan：MAP）のひとつであった排出インベントリの整備を担当し試行し、硫黄酸化物（SO _x ）、窒素化合物（NO _x ）、CO、炭化水素（HC）、全浮遊物質（Total Suspended Matter：TSM）の排出量を計算した。その結果、以下の 4 事項が課題として示された。①情報収集が困難である、②インベントリ整備に関わるスタッフの能力が十分でない、③移動発生源の担当機関が不明確である、④移動発生源のインベントリ整備について DOE-TPD 研究所の役割が不明確である。 また、テヘラン州の排出インベントリを策定する計画 ³ を 2015 年に作成した。ただし、上記の課題への対応は同計画にはあまり反映されていない。

³ The Project of Compilation of an Emission Inventory for the Tehran Province, Tehran Province Department of Environment Deputy for Supervision and Monitoring Office for Laboratory Affairs

AQCC	2013 年度の排出インベントリを作成し、2015 年に以下の 5 冊組の報告書の形で公表・出版した。 Tehran Emission Inventory, Reference Year 2013 • Volume I : Regional Emission Inventory • Volume II : Mobile Sources • Volume III : Residential And Commercial Sources • Volume IV : Mehrabad Airport, Railway Station And Bus Terminals • Volume V : Gasoline Stations, Industries Powerplants and Refinery なお、同インベントリ報告書では、大テヘラン圏の排出インベントリを構築した 2 件の JICA 開発調査のうち初回分のみが引用文献として挙げられている。
------	---

出典：詳細計画策定調査団（2015）

1. Introduction
2. Management of an Emission Inventory Project
i. Inventory Design
ii. Data Collection
iii. Obtaining Emission Data
iv. Calculating Emission
v. Assessing the uncertainty
vi. Quality Assurance
vii. Back Casting for Previous Emission Inventories
viii. Presenting Data
ix. Applying to Air Quality Management
3. Part Two : Main Sections of Emission Inventory
i. Energy
ii. Industrial Processes
iii. Agriculture
iv. Waste
v. Other sources
vi. Natural Sources
4. Project include
i. Identification of Sources
ii. Developing an Emission Factor Booklet
iii. Creating Software Packages for Data Input and Calculation of National, Regional and Local Emission Estimates
iv. Air Pollutant Emissions Modeling Software

出典：DOE-TPD（2015）。英文は JICA 仮訳

図 2－1 DOE-TPD が作成した排出インベントリ策定計画文書の目次



第1巻 地域の排出インベ ントリ	移動発生源と固定発生源の情報（Vol.2～5）をまとめたもの （インベントリの解説、有用性の記述あり）
第2巻 移動発生源	テヘラン市の車両構成について（二輪を含む） 車両分類（システム、車齢、排出基準、燃料種、クラス、車名）、交通 情報（センサの位置）、道路の分布、交通量の変化 排出係数とモデル計算、道路タイプを3つに分け、排出係数算出、テ ヘラン市実測による排出インベントリ
第3巻 居住区・商用区の発 生源	家庭・商用区・公共区の発生源について 汚染質の解説、排出インベントリ作成の意義と用途、汚染質ごとの排 出量、天然ガス消費 排出係数の計算法・式、排出量の推定法（ばい煙測定と装置、燃料分析、 排出モデル、他法）、排出インベントリ
第4巻 空港・駅（鉄道・バ ス）	（本調査でのペルシャ語 - 日本語翻訳の対象外としたため、内容の記載 は省略）
第5巻 給油所・諸工業・発 電所・製油所、 テヘラン市の給油 所・燃料消費	固定発生源を概述（業種ごと項目ごと排出量） ＜第一部＞テヘラン市の給油所 VOC 漏れのケース、給油所タイプ、ガソリン性質・品質基準、市で のガソリン消費（販売）量（日、月、季、年）、分析結果 VOC 排出係数と計算式、排出インベントリ（日、月、季、年） ＜第二部＞テヘラン市の諸産業・発電所・製油所 固定発生源（家庭やバス等のターミナルを含む）、業種分け、市内の 産業区域、電力関連は特記、燃料消費量 排出インベントリ（年間）

出典：AQCC ウェブサイト及び 2013 年度排出インベントリ報告書（2015）

図 2-2 AQCC が 5 冊組で出版した 2013 年度排出インベントリ報告書の表紙

AQCC の排出インベントリ報告書に示された 2013 年度大気汚染物質排出量を表 2-5 に、排
出量合計の分布を図 2-3 から図 2-7 に示す。

SOx は固定からの排出が主であり、NOx は固定と移動の排出量が拮抗しているが、CO と
VOCs と PM は移動発生源からの排出が主である。

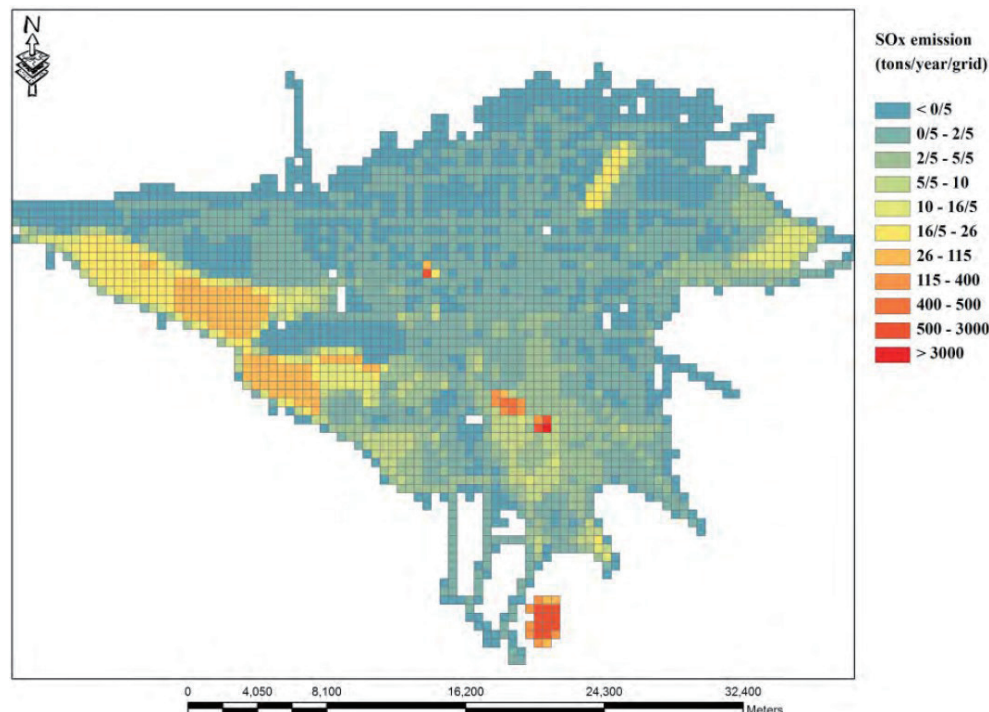
表 2－5 発生源種類別大気汚染物質排出量 (t/ 年)

発生源	SOx	NOx	CO	VOCs	PM
固定	35,086	46,094	12,488	11,696	2,563
移動	2,437	40,579	496,320	72,321	6,038
合 計	37,522	86,673	508,809	84,017	8,601

出典：Tehran Emission Inventory, Reference Year 2013、AQCC（2015）

排出量分布図（図 2－3 から図 2－7）とインベントリ報告書に掲載された各汚染源種類別の排出量分布図⁴の比較により、汚染物質別の主要汚染源とその分布についての担当団員による推論は以下のとおり。

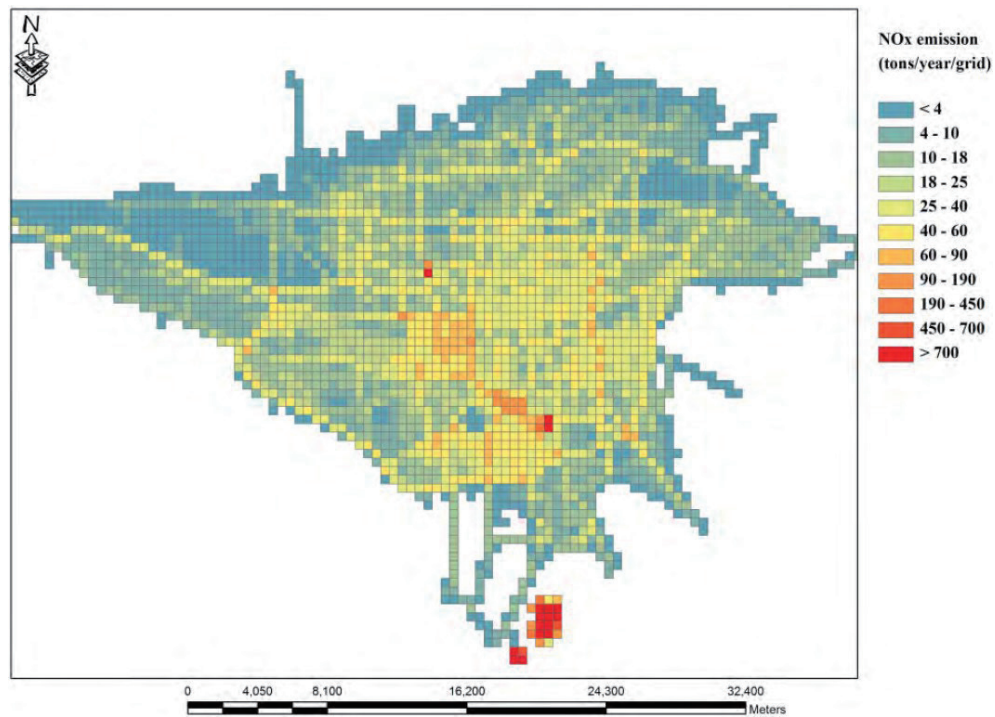
- ・ SOx の排出量は、市内 1 カ所の製油所（図 2－4 の赤色のメッシュのうち、分布域が最大の場所）及び 3 カ所の発電所（図 2－4 の赤色のメッシュのうち、残りの 3 カ所）からの排出が主要因。市内中心部南寄りのオレンジ色のメッシュは、鉄道駅からの排出が主要因。市内西部に広がるオレンジ色のメッシュは工業地区。
- ・ CO の排出量は、高速道路及び市内主要道路からの排出が原因。
- ・ VOCs の排出量は、ガソリンスタンドからの排出、また黄色のメッシュが CO の排出量が多いメッシュと重なっていることから、高速道路及び市内主要道路からの排出が原因。
- ・ NOx と PM の排出量は、SOx と CO の排出量が多いメッシュと重なっていることから、高速道路、市内主要道路、製油所、発電所からの排出が主要因。



出典：Tehran Emission Inventory, Reference Year 2013、AQCC（2015）

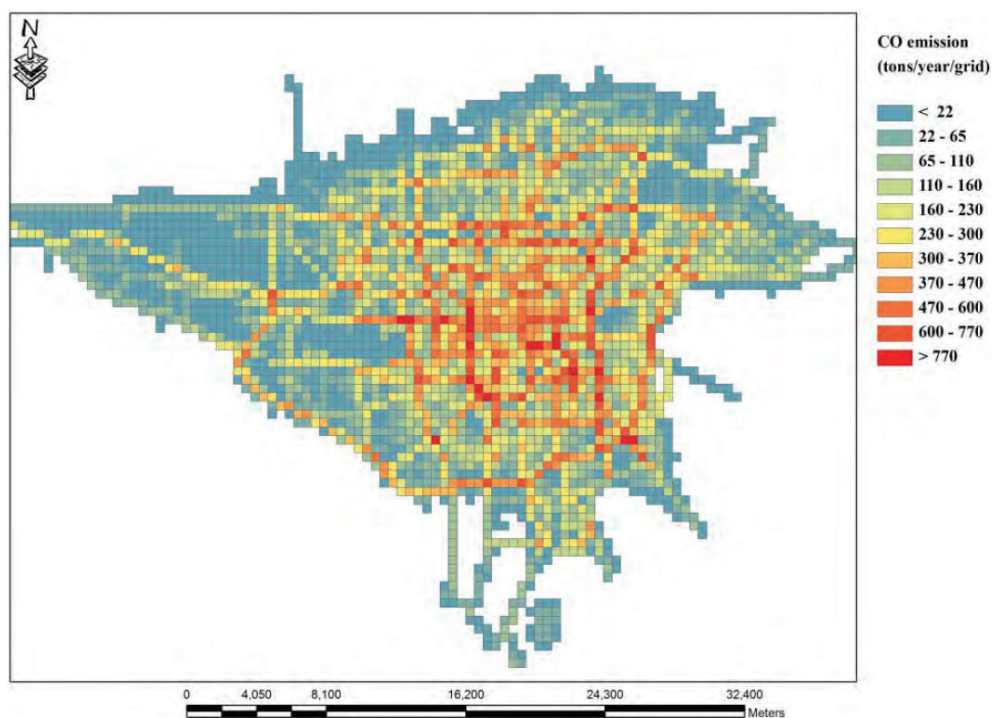
図 2－3 SOx の排出量分布

⁴ 第 1 巻の p13～15、p17～19、p23～25、p29～p31、p34～38、p44～p46、p50～53



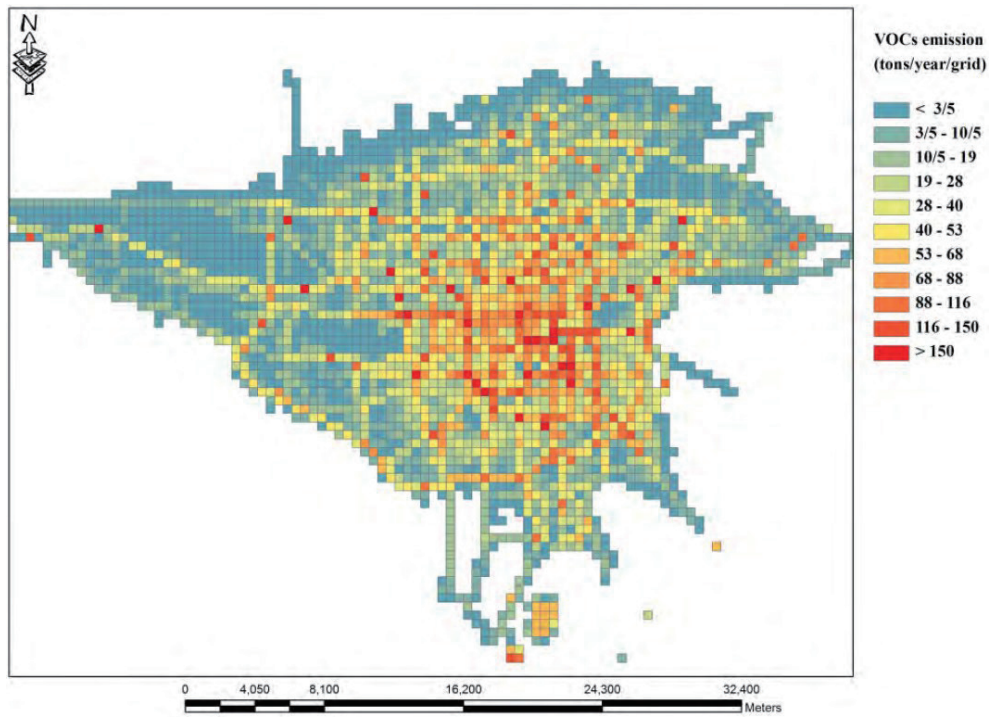
出典：Tehran Emission Inventory, Reference Year 2013、AQCC（2015）

図 2 - 4 NOx の排出量分布



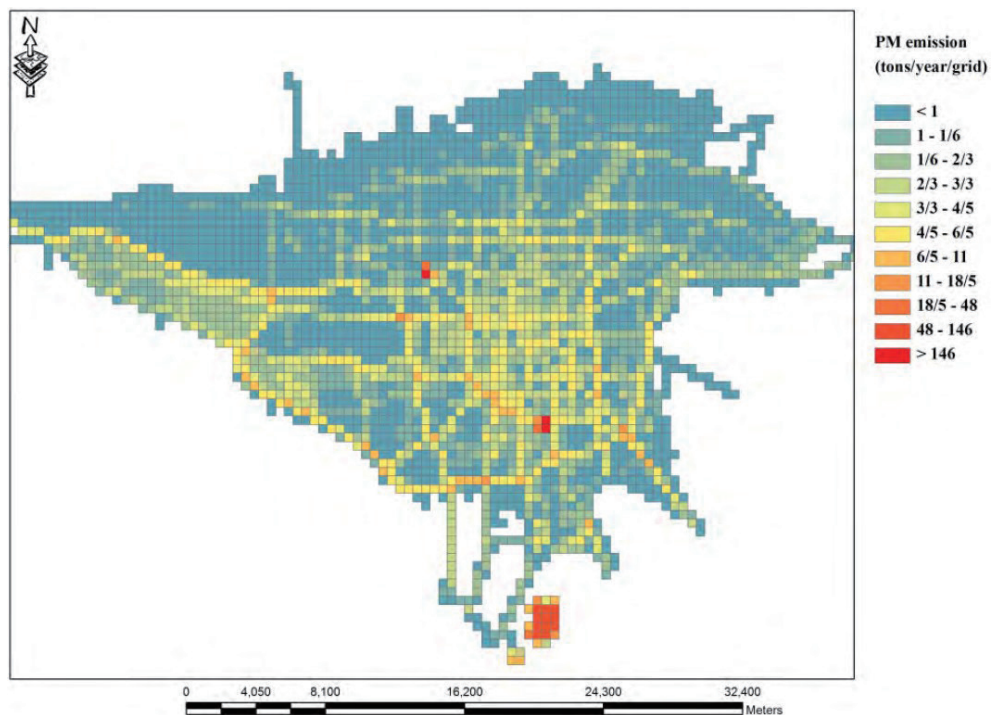
出典：Tehran Emission Inventory, Reference Year 2013、AQCC（2015）

図 2 - 5 CO の排出量分布



出典：Tehran Emission Inventory, Reference Year 2013、AQCC（2015）

図 2 - 6 VOCs の排出量分布



出典：Tehran Emission Inventory, Reference Year 2013、AQCC（2015）

図 2 - 7 PM の排出量分布

2-2-2 移動発生源の排ガス測定及び排出インベントリ作成

(1) 自動車排出ガス測定（VOC を除く）及び排出インベントリ作成

1) 現状と課題

イランにおいては公立のシャリフ工科大学や AQCC が牽引力となり、これら機関が所有する簡易型車載計や二輪車シャーシダイナモメータを用いて重量車を除く車両の排ガスデータの収集が行われてきた。また、イラン国内の自動車メーカー 4 社にも中軽量車用のシャーシダイナモやエンジンダイナモがあり、馬力などのエンジン性能や排ガス濃度の測定において、精度や再現性の高いデータを得ることができる。



図 2-8 左：簡易型車載計（シャリフ工科大学）、右：セダン用シャーシダイナモ（SAIPA 社）

一方、自動車排ガスの大気汚染への負荷を推計したり、汚染質排出量の大きな不良車両を排除するためには、代表車種ごとの各排出ガス種の濃度データが必要となるが、これら既存の試験装置ではそれぞれ機能が特化・限定されているため取れないデータがある。

表 2-6 排ガス濃度測定に関する既存試験装置の限界

既存試験装置／所有者	長所、取得データ	不備点
簡易型車載計 (サンプル全量採取型) ／シャリフ工科大学、AQCC	路上走行で中軽量車の走行データを、既に豊富に取っている。 (測定項目：CO、CO ₂ 、NO _x 、HC、O ₂ 、PM)	ディーゼル車の走行データは取れない（高濃度排ガスの直入による装置へのダメージのおそれがあるため）。 PM データを取れるが、光散乱方式であり、精度が低い。 NO と NO ₂ を個別に測定できない。
二輪車シャーシダイナモ ／シャリフ工科大学	二輪車の走行データを豊富に取れている。	PM 測定部がなく、二輪車の PM データを取れない。
四輪シャーシダイナモ (中軽量車用) ／国内自動車メーカー	精度や再現性の高い台上試験で、車両モードによるデータを得ている。	重量車に対応できないため、重量車の試験データはない。 PM 測定部がなく、PM データを取れない。

		ガス測定項目も CO、CO ₂ 、全炭化水素（THC）までであり、NO _x がない。
エンジンダイナモ ／国内自動車メーカー	重量車のエンジン性能試験を行ってきた。	自社車両のみのデータであり、また PM データは取れない。他社車両のデータを取ろうとすると、エンジン操作者雇用も含めて非常に高額な使用料がかかる。

本調査を実施した 2015 年 10 月時点で不足しているデータは、測定項目としては ① 精度良い PM 濃度データ（全車種に対して）、② NO と NO₂ のデータ、車種別データとしては③ディーゼル重量車のデータ、である。

表 2－6 に示す排ガス測定機材は、自動車の認証及び研究が主目的であり、PM が主な課題となっているテヘランの排出係数の算定には不適切である。そのため、前項 2－2－1 で説明した排出インベントリは、途上国一般向けの排出係数を使用して計算された。

しかし、テヘラン市を走行する自動車の多くは国産車であり、途上国一般の車両と特徴が異なると考えられる。そのため、自動車の排出係数については、テヘランの排出ガス測定に基づいた排出係数が必要である。

また、「成果 3. レセプターモデル（観測点に基づく解析方法）による PM 発生源寄与割合の推定」のため、実際の試料を採取して発生源プロファイルを作成することが必要である。

2) 協力量針（案）

a) 自動車排ガスの測定を通じた排出係数作成

日本の排出係数モデルは主にシャーシダイナモメータ上での排ガス測定に基づいて確立されたが、テヘランで同様の方法を採用するためには、大型車の試験が可能なシャーシダイナモ装置の導入・運用に膨大なコストを要することとなり、持続可能性の担保が困難となる。本プロジェクトでは、シャーシダイナモメータの供与を不要とするため、路上走行での排出ガス測定を基本とした。車載型排出ガス測定装置（Portable Emissions Measurement System：PEMS）が搭載できない二輪車のみ、テヘランに既存のシャーシダイナモメータ上での排出ガス測定とする。

排出ガス測定装置は以下の条件を満たす必要がある。

- ① 自動車に搭載し、路上走行中に排出ガス測定が可能（シャーシダイナモメータが不要な排出ガス測定装置とすることにより、持続可能性を担保する）
- ② テヘラン市を走行する車両から排出される高濃度の PM を測定可能
- ③ PM 試料を採取可能（濃度センサーの精度を確認する手段として、必要な時に PM 試料を採取可能である必要がある。また、後述するトンネル中 PM 試料の分析結果のみでは十分な解析ができなかった場合には、追加的試料の採取手段として必要となる）

前表に示した簡易型車載計は、b 及び c を満たさない。二輪車シャーシダイナモが保有している排出ガス測定装置は a、b、c のいずれも満たさない。四輪車シャーシダイナモ及びエンジンダイナモが保有している排出ガス測定装置は、据置型であり、体積、重量、必要電力量のいずれもが大きいため、a を満たさない。これら 3 条件を満たすためには、以下のような仕様の高精度型車載計を導入する必要がある。

表 2-7 必要となる高精度型車載計の特徴

測定項目	ガス成分：CO、CO ₂ 〔非分散型赤外分光法（NDIR）方式〕、THC〔水素炎イオン化検出器（FID）方式〕 NO _x 、NO、NO ₂ 〔化学発光方式または紫外線（UV）方式〕 固体成分：PM（フィルター重量方式） その他：排ガス流量、車体位置情報、環境条件（温度、湿度、大気圧）
他の特徴	PN カウンター：欧州個数規制対応 PM 濃度計測：排ガスを希釈した後、フィルター上に採取。重量法により濃度を算出。 ガス濃度計測：欧州規制 EURO-6 に対応

なお欧米では排ガス中の PM の重量濃度のみならず個数濃度〔排出粒子数（Particulate Number：PN）〕による排ガス規制が導入されつつあるため、AQCC も粒子数による規制を意識しており、所有する車載型 PN カウンターで粒径ごとに計測している。このため AQCC から詳細計画策定調査団に対し、PDM に記載された排出ガス測定においては、並行して PN を計数し AQCC の業務に活用できることが重要であると説明があった。PN の計数に関する技術移転は不要であるが、PN との並行測定が可能な機材を選定する必要がある。

技術協力プロジェクトで必要な車載計は、消費電力、排気ガス管への接続を含む搭載スペース、の点で、小型自動車にぎりぎり搭載可能な仕様となっている。AQCC が保有する PN カウンターは、消費電力・搭載スペースともに小さくないため、技術協力プロジェクトで必要な車載計と同時に搭載し走行調査を実施することは不可能である。もし、PN カウンターへの配慮がない車載計を供与した場合、技術協力プロジェクト外の AQCC の業務には機能が不足し、プロジェクト終了後には供与機材が使用されない可能性も考えられる。活用され続ける機材としては、PN カウンター付き、あるいは PN カウンターを後付けできる車載計を供与する必要がある。また、PM 個数計測に関わる支援は、EURO-6 の規制導入を促進するため重要であり、現地の新車市場で先進的な技術導入のインセンティブが高まることは、日本の産業界にとっても有利となるなど、戦略的な意義は高い。

このほか、PM 濃度をオパシティ（光透過率測定）、ガス成分を化学センサで測定する簡易型車載計を別に 1 台導入する。測定精度はほどほどであるが、PM など汚染物質を高濃度で排出する自動車の計測には十分な能力をもつ。

これら 2 台を 1 年半用いて、排出インベントリ情報から想定する全 141 車種（二輪を含む）を対象に排ガスを計測する計画である。

表 2-8 車載計での排ガス計測を想定する車両

種 別	燃 料	サイズ	測定法	規制区分と想定台数					
				None	EURO-1	EURO-2	EURO-3	EURO-4	Total
乗用車	Petrol	<=1500cc	PEMS で 実路走行	3	3	3	3	3	15
		>1500cc		3	3	3	3	3	15
タクシー	-	3		3	3	0	3	12	
		3		3	3	0	3	12	
ピックアップ		Petrol		3	3	3	3	3	15
ミニバス		Diesel		3	3	3	3	0	12
公共バス				0	3	3	3	0	9
Deisel-CNG		0		3	3	3	0	9	
私用バス		Diesel		0	3	3	3	0	9
トラック	Light			0	3	3	3	0	9
	Medium			0	3	3	3	0	9
	Heavy			0	3	3	3	0	9
自動二輪	Petrol	-	PEMS+CD	3	0	3	0	0	6
Total				21	36	39	30	15	141

注：CD（Chassis Dynamometer）

AQCC 発行の 2013 年度インベントリ報告書の第 2 巻（自動車発生源）には、「車両分類（システム、車齢、排出基準、燃料種、クラス、車名ごと）、交通情報、道路タイプと分布、交通量の変化、排出係数とモデル計算、テヘラン市実測による排出インベントリ」の記載があり、本プロジェクトで実施する自動車排ガス測定の実施計画を作成する際の参考となる。

先方機関の関連能力について、シャリフ工科大学や AQCC の要員は既存の試験装置を用いての十分な作業経験があり、プロジェクトの供与機材にも速やかに習熟できることが期待される。141 車種のレンタル代、排気管への取り付け工事代、二輪シャーシダイナモの使用料の大部分は JICA 側プロジェクト予算での負担が想定される。一方、試験操作要員は AQCC 側負担により雇用することで合意した。

車載計は、実路走行だけでなくシャーシダイナモによる台上試験でも用いることができる。PM や NOx が測定できない既存シャーシダイナモとプロジェクトで導入予定の車載計を組み合わせることにより、同じ走行モードの下での試験が可能となり、車種間のデータ比較に最適となる。

b) 発生源プロファイル作成のための自動車由来 PM の採取

「成果 3 レセプターモデル（観測点に基づく解析方法）による PM 発生源寄与割合の推定」では、成分分析用に発生源の試料が必要である。トンネル中 PM の採取、PEMS による自動車排出ガス中 PM の直接採取の 2 つの手段がある。それぞれの特徴を表 2-9 に示す。

表 2-9 発生源プロファイル作成のための自動車由来 PM の採取方法の比較

	利 点	欠 点
トンネル中 PM の採取	レセプターモデル用成分分析用試料には、排気管出口では高温のためにガス状で存在するが、大気中に放出後に常温まで冷却され粒子化する物質が含まれていることが好ましいが、トンネル中 PM にはそれが含まれる。 多くの自動車から排出された PM が混在しているため、燃料や自動車の個体差の影響を受けにくく、分析試料数を増やさずに発生源プロファイルを作成できる。	排出係数算定には利用できない。 自動車の差異を分析できない。
PEMS による自動車排出ガス中 PM の直接採取	センサで計測する排出係数データの検証に使用することができる。 自動車の差異を分析できる。	レセプターモデル用成分分析用試料には、排気管出口では高温のためにガス状で存在するが、大気中に放出後に常温まで冷却され粒子化する物質が含まれていることが好ましいが、PEMS ではそれを採取できない。 自動車の PM しか採取できないため、燃料や自動車の個体差の影響を排除するには、数多くの分析を実施する必要がある、費用などの検討が必要になる。

出典：詳細計画調査団

発生源の成分分析用試料としては、PM_{2.5} 及び PM₁₀ の試料採取は必要であるが、排出濃度や排出量を同時に測定する必要はない。この条件を満たす試料をテヘランで効率的に採取する方法として、自動車以外の影響をほぼ受けていないと想定されるトンネル内空気での採取について、イラン側と合意した。

トンネル内でサンプル当たり 24 時間採取を 10 回行うことを提案する。採取した PM サンプルは日本へ持ち帰り成分分析を行うこととする。

ただし、PM 採取装置を置くスペースはどのトンネル内にもないとのことであり、道路工事のようにトンネル内 1 車線を止める占有申請や電源手配など、採取準備において難しさが予想される。

トンネル中 PM 試料の分析結果では十分な解析ができなかった場合には、追加的試料の候補として、PEMS による自動車排出ガス中 PM の直接採取が考えられる。

(2) 自動車排ガス中 VOC の採取

1) 現状と課題

AQCC は市内での大気中 VOC の濃度をパッシブサンプラーを用いて測定している。後述するように、発ガン物質であるベンゼンが日本の大気環境基準を大きく超える高濃度で市内各所にて観測されているが、発生源は不明である。一方、車から未燃分ガスとして排出される VOC が健康への影響から懸念されているものの、自動車排ガス中の HC の測定はイランでは行われていない。

なお石油輸出国機構（Organization of the Petroleum Exporting Countries : OPEC）内第3位と世界有数の産油国であるイランは、原油からガソリンやディーゼルを製造しているが、ガソリンでは「低オクタン価、高濃度ベンゼン、高硫黄分」が、ディーゼル油では「高硫黄分」が、自国製造上での課題であると報じており（テヘラン、2011～2014年ガソリン・ディーゼル品質モニタリング報告書：調査団入手資料）、自国製造の燃料を改善して排ガス汚染質を低減するなどの技術改善に触れている（テヘラン、2011～2014年ガソリン・ディーゼル品質の軽重量車排ガスへの影響調査：調査団入手資料）。

これら報告書には、米国 AQIRP プログラム（Auto/Oil Air Quality Improvement Research Program : オートオイルプログラム）や燃料品質に関する自動車排出ガス低減のためのヨーロッパプログラム（European Programme on Emissions, Fuels and Engine Technologies : EPEFE）の行った燃料成分と車排ガス中汚染質に関する研究、テヘラン市内の約 20 カ所の給油所から採取したガソリン・ディーゼル油の燃料分析結果（ドイツやイランで分析）がみられるほか、ガソリン中ベンゼン含有量と排ガス中ベンゼン含有量との相関、ガソリン中芳香族の燃焼分解によるベンゼン生成、ガソリンから芳香族分を減らす効果、も記載されている。また、EURO-4 品質規制に対応するディーゼル油がいくつかの精油所で製造されており（現欧州規格は EURO-5）、国内の燃料品質改善が進められている。

2) 協力方針（案）

現況を調査するため、車排ガス中の VOC を捕集管で採取し、本邦で成分分析を行って、燃料改善などによる対策の必要性を検討する。捕集にキャニスターを用いる方法もあるが、その入手及び国外への輸送に困難が予想されるため、捕集管採取を提案する。捕集管での採取に当たっては（破過しないよう）高濃度排ガスを希釈してから各種捕集管に導入する必要がある、自動車メーカーが所有するシャーシダイナモの希釈システムを使う計画である。この使用料を AQCC が支出し、輸送・分析費用を JICA 負担とする方向で合意した。

(3) 給油所等 VOC 放散源での試験的 VOC 測定

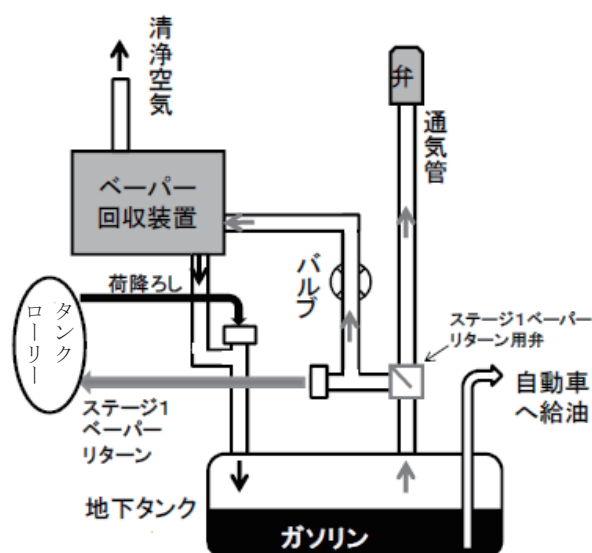
1) 現状と課題

ガソリンなどの燃料を精油所から給油所まで移送する間の各所や、給油所自体から、燃料がガスとして少なからず漏れ出ている。次例を挙げることができる。

- a) 受け入れロス（燃料をタンクローリーから地下タンクへ移送する時に、地下タンクから蒸気として押し出される）
- b) 給油ロス（自動車への給油時に自動車燃料タンクから蒸気として押し出される）

c) 温度や気圧変化等による地下タンクからの放出

このうち、a) 給油ロスについては、放出されるはずの蒸気をタンク内に戻すベーパーリターン装置がテヘラン市内給油所には装備されておらず、VOC の少なからぬ排出源となっている可能性が高い。AQCC 発行の 2013 年度インベントリ報告書：第 5 巻（給油所・諸工業・発電所・精油所、テヘラン市の給油所・燃料消費）の第一部にある「給油所からの VOC 排出」が参考になる。



出典：東京都環境科学研究所年報 2008

図 2-9 給油所 ベーパーリターン装置例

大気中 VOC は PM の生成に関わる重要因子でありながら、その発生源はターゲットとして計測されたことがなく、影響度が不明である。また、市内の大気常時監視局では HC 計がすべて故障しており、現時点では大気中 VOC を連続的に測定できる装置が市内に配備されていない（2-3 節で後述）。

2) 協力量針（案）

携帯式 VOC 計を 1 台導入し、給油所など燃料移し変えの各現場の近傍で、揮発性 HC を総量濃度として常時測定することを提案する。大気中 VOC の発生源としてどの程度寄与するかに関し知見を得て、優先対策すべきかを検討する。イランでは豊富な天然ガスを工場や家庭でも使用しているため、天然ガスの主成分であるメタンと、給油所由来との他炭化水素分を判別できる VOC 計が望ましい。

2-2-3 固定発生源の排ガス測定及び排出インベントリ作成

(1) 現状と課題

1) インベントリ

市内の固定発生源については、所在情報さえ未把握の事業所があるとされており、未登録の主要発生源があるおそれがある。

AQCC の 2013 年度インベントリ報告書に市内固定発生源の記載があり、主要発生源、業種分け、産業区域、汚染質ごとの排出量計算結果、燃料消費量、試行的インベント

リ作成などの情報が掲載されている（第3巻（居住区・商用区の発生源）にある「家庭・商用区・公共区の発生源」、第5巻（給油所・諸工業・発電所・製油所、テヘラン市の給油所・燃料消費）の第二部参照）。

テヘラン市の工業・産業地帯は中心域から離れた南側に置かれており、市の主な風向が南西であることから、工業地帯で発生する排出ガスが市中心に移流し、北側山脈に阻まれて市の中心部に滞留する点が問題視されている。報告書には、産業の盛んな区域番号が記されている（区域 21 など）。また、市の主要産業として「自動車製造、電子機器・部品製造、繊維、砂糖、セメント、石油精製、家具」が挙げられる。2-3-1 項に後述する大気排出基準からも、製造業種をみてとることができる。商店や作業場といった小規模発生源を除いても、「石油製品製造、肥料、窯業、医薬品製造、飲料、発電所、ゴミ焼却場、鉄・非鉄製造、学校・病院」などの発生源がある。

2) 排ガス測定

今回調査の結果、テヘラン市でのばい煙測定（工場など事業所の煙突から出る排出ガスを測定する作業）に関して、以下の現況を確認した。

テヘラン市内各所の事業所のうち排出基準に定められたばい煙発生施設に対して、3 カ月ごとにばい煙測定を行い、監査結果を報告することが法的に義務づけられている。約 70 社あるといわれる民間の測定分析会社のみが測定を行うことを許可されており、各民間測定会社が測定した結果は DOE-TPD に集約される。すなわち、企業内に排ガス測定班が存在するということはない（視察先のひとつである Tehran セメントでは確認済み）ため、企業が DOE-TPD に自主申告するというような、いわゆるデータ改竄の危険性をもった体制ではない。ただし民間業者が測定する体制の下、事業所が測定時にのみ稼動状態を健全に保つということがあり得る。プロジェクト活動のなかで実態把握に努めることが望まれる。

今回調査では、民間測定会社 3 社を数時間ずつ訪問調査した。大気・水・土壌・騒音等の分野で活動し、アメリカ合衆国環境保護庁（USEPA）メソッド準拠・国際標準化機構（ISO）認証取得・DOE-TPD の認証を取得していることが営業条件である。ある民間ラボでは先進国と同程度の精度管理がなされているとの印象を得た。

また、ばい煙測定に必要なガス成分測定装置とダスト採取装置を民間測定会社が所有していること、有料で民間会社にダスト採取作業を委託できることを確認した。

ただし、使用装置のかんりの汚れや、設計条件からみて、煙道排ガスの測定精度の低下が懸念される。プロジェクトで行う PM 成分分析の結果が業者の行う測定作業の精度に影響されるおそれがあるため、民間業者の技能を認証する機関である DOE-TPD による業者の品質管理（QC）上の強化が必要である。



図 2 - 10 民間ラボ所有のばい煙測定機材

一方、DOE-TPD はテヘラン市の北東に分析測定ラボを所有している。民間ラボの認証を DOE-TPD が与えており、民間ラボの品質管理の統一源とみられる。日本の個別専門家が一時技術支援していたが、その後要員退職の波があり、要員の数・質ともに不足している。反面、保有設備は徐々に充実してきており、多くの民間ラボよりも設備条件では恵まれている。ばい煙採取・測定装置も所有している。ただし、人員面で弱体化している DOE-TPD ラボに民間ラボを管理する力量はなく、むしろ民間ラボの技量の方が高いと考えた方がよい。

AQCC が 2015 年に作成したインベントリでは、排ガス測定データから算出した排出係数を用いた固定発生源は少ない。既存の排ガス検査等により収集した実測データを用いて、テヘランの排出ガス測定に基づいた排出係数を算出する必要がある。

また、工業発生源の数と分布については、2002 年のデータ（TGIS 製 Landuse Parcel Manager）に依存しており、燃焼機器と煙突の情報を伴っていない、13 年前のデータであるなどの問題があり、悉皆調査が必要である。全市の悉皆調査は膨大であることから、まず試行的な調査を実施し、全市の調査計画を検討することが必要である。

また、重要汚染源の監視及び基準超過時の即時対応のためには、各重要汚染源に設置されたオンライン排ガス測定装置（設置基準は要確認）から測定データを常に転送し、かつ、基準超過を発見しやすくするための統合システムが必要である。

（2）協力内容（案）

プロジェクトでは排出インベントリ作成のため、市の南側に点在する工業区を視野に入れつつ、地域を限定し、そのなかの主要固定発生源を全把握する悉皆調査を行う。企業訪問調査では調査員の現地雇用が必要となる。

また、煙突などからダストを採取して成分分析し、結果をモデル解析に用いて、発生源ごとにどの程度寄与しているかを推測する。DOE-TPD から紹介のあった大気固定発生源からの排ガス計測を担う民間業者を訪問した結果、ダスト採取機材を所有しており、委託可能であることを確認した。これら業者に PM 成分分析のためのダスト採取を委託することが想定される。

上述のとおり、テヘラン市には固定発生源として「石油製品製造、肥料、窯業、医薬品

製造、飲料、発電所、ゴミ焼却場、鉄・非鉄製造、学校・病院」などのさまざまな業種がある。ばい煙測定委託作業では、全 20 業種を想定して 3 サンプルずつ採取することを提案する。

また既述のとおり、プロジェクトで行う PM 成分分析の結果が、業者の行う作業の精度に影響されるおそれがあるため、民間業者の技能を認証する機関である DOE-TPD による業者の QC 上の強化すなわち精度管理に関する協力を行うことを提案する。業者の流量計測器をチェックするための流量基準器の導入が必要となる。

2-2-4 協力上の留意点

(1) 関係機関

活動実施にあたっての官民の関係機関及び協働体制について下表に示す。

表 2-10 関連する先方政府機関及び民間組織との協働体制

分 野	協力組織名	協働体制
移動発生源	AQCC	既存のインベントリ情報と測定データが得られる。 トンネル内 PM 採取や給油所近傍 VOC 測定では、設置手続きなどで協力を得られる。
	シャリフ工科大学	実測で AQCC 負担の下に測定を請け負う。 二輪シャーシダイナモを使用可。
	自動車メーカー	排ガス中 VOC 採取のためメーカー所有の中軽量車用シャーシダイナモを使用するときに、AQCC が使用料を支払うことで利用できる。
固定発生源	AQCC	整理された発生源情報が得られる。 排出インベントリ作成での助力を得られる。
	DOE-TPD	同上。既存の排ガスデータを活用できる。 民間測定会社の排ガス実測における QC 強化で関与。 測定対象となる事業所への立入許可や必要な調整。
	民間測定会社	排ガス実測を委託契約する相手となる予定。 既存事業所ごとに測定会社が異なるため、数社との契約となる可能性あり。
	民間調査会社	今回調査では業者を確認しなかったため、今後検討。 調査に必要な事前調整（役所等との準備）と現地訪問とで、別個の契約を想定。 また、インベントリ作成作業でも委託契約を想定。

1) 機材調達

プロジェクト開始後から本邦調達機材が現地納品されるまでの約 1 年間は、供与機材なしでの活動となる。第 3 年次から本邦調達機材の使用開始を予定している。

移動発生源測定では、トンネル内 PM 採取と自動車排ガス中 VOC 採取については、現地所有サンプラーを借用でき、また捕集管も事前に購入可能であることから、1 年次

から実施できるものとみられる。車載計と VOC 計は 3 年次からの使用が想定されるため、1、2 年次では、対象車種の決定や試験内容の合意などの準備作業を行う。

固定発生源測定ではガスメータの調達に時間を要するが、小型の流量計を事前に入手し携行することは可能と思われ、民間業者に委託しての固定発生源ダスト採取と、それに伴う QC チェックを、1 年次から開始できる可能性が高い。

(2) 想定されるリスク

トンネル内 PM の採取作業に関して、トンネル内を通行する車両による機器等損傷の可能性はある。AQCC によれば、どのトンネル内にも機器設置スペースは全くなく、一車線の半分以上を遮るだけの面積を、採取機器設置のために 24 時間占有することが想定される。交通部門との折衝と衝突防止策について AQCC をはじめイラン側関係機関の協力が不可欠となる。

屋外で携帯機材によるサンプル採取や測定を行う場合、近傍住民による盗難や破壊に至らないよう、要員を常時配置することが望まれる。

給油機 1 基からの VOC 排出係数を求めるなど、高濃度 VOC が予想される測定点で自動計測器による測定が求められた場合、火気厳禁はもとより、装置のアース・電源回しや静電気発生など、防爆への配慮が必要となる。

2-3 大気環境モニタリング

2-3-1 大気環境基準及び排出基準

大気環境の現況を把握するには、イランの大気環境基準及び排出基準を把握する必要がある。現行のイラン国大気環境基準を表 2-11 に示す。

表 2-11 イランの環境基準（2013 年改定）

物 質	1 時間平均		8 時間平均		24 時間平均		年平均	
	μg/m ³	ppm	μg/m ³	ppm	μg/m ³	ppm	μg/m ³	ppm
CO	40,000	35	10,000	9.4	----	----	----	----
SO ₂	----	----	----	----		0.144		0.077
NO ₂	----	----	----	----		0.100		0.021
PM10	----	----	----	----	154	----	20	----
PM2.5	----		----	----	35	----	10	----
O ₃		0.124	----	0.075	----	----	----	----
Pb	----	----	----	----	----	----	0.5	----
ベンゼン	----	----	----	----	----	----	5	----
ベンゾ[a]ピレン ⁵	----	----	----	----	----	----	1 (ng/m ³)	----

注：ベンゼンの環境基準は、3 カ月平均

出典：テヘラン市大気汚染管理情報収集・確認調査（JICA）

⁵ ベンゼン及びベンゾ[a]ピレンに関しては、口頭で取材。

現行のイランの工場排ガス排出基準（エミッションスタンダード）を付属資料 5 に示し、その一部を表 2－12 に例示する。この排出基準は、1995 年 4 月 23 日のイスラム議会で承認された大気汚染防止法の第 15 条に基づき、2000 年 11 月 20 日の内閣委員会において、規則 K23724t/35806 として定められたものである。

環境基準の厳しさは、日欧米と比較してもほとんどそんな色がない。しかし、排出基準の基準の設定の仕方は、非常に特徴的である。

一般的に日本、欧米、東南アジア各国の排出基準の構成要素は、ダスト、NO_x、SO₂ で構成される（CO の排出量が問題となっている国では CO 基準も設定されている場合がある）。さらに、産業別に特に注意を払わなければならない物質に対しても規制値が設けられている。例えば、廃棄物焼却炉の塩化水素（HCl）及びダイオキシン、アルミニウム精錬工場及びガラス工場のフッ素（F₂）、フッ化水素（HF）等である。また、銅、亜鉛、鉛の精錬施設におけるカドミウム（Cd）、鉛（Pb）、鉛化合物。製鉄施設のコークス炉におけるベンゼンなどである。

表 2－12 工場及び作業所に対する排出基準の例

製造業種	製造工程	ガス排出基準 (ppm)			粒子状物質 (mg/Nm ³)		黒色度指数 ⁶		備考
		規制物質	グレード 1 基準	グレード 2 基準	グレード 1 基準	グレード 2 基準	グレード 1 基準	グレード 2 基準	
製造業一般	製造工程すべて	SO ₂	800	800	100	250	20	-	21
		H ₂ S	7.2	18			20	-	21
		CO	304	435			20	-	21
		不明 ⁷	6.4	16			20	-	21
塩化鉄製造業	塩化鉄製造工程	HCl	67	201	-	-	-	-	2
鋳物製造	鋳型の製造	-	-	-	150	150	-	-	
ガラス製造、 フッ素を排出 する産業	ガラス製造工程	HF	36.6	48.8	-	-	-	-	2
焼却炉 (24t/day 以上)	焼却炉の煙突	-	-	-	150	250	-	-	20
リン酸アンモ ニウム製造	反応器、研磨機、 乾燥機、ふるい、 粉碎機	F ₂ C (原料 1t 当たりの g 数)	30	50			20	20	12

出典：詳細計画策定調査団（2015）

注：付属資料 5 に、すべての工場及び作業所に対する排出基準を示している。

引用元のペルシャ語資料中の F₂C は、CaF₂（フッ化カルシウム）の表記間違いの可能性がある。

⁶ 黒色度指数とは、フィルター上に採取した粒子状物質（煤煙、すす）の色の黒さの度合いを参照表と照し合わせて、色の黒さの度合いからすすの濃度を推定する手法で、イランで使われている。

⁷ 質問票へのイラン側回答（原文）及び DOE ホームページに掲載されている排出基準一覧表ともに記述が抜けている。

一方イランでは、SO₂ 及び CO の排出基準は広く設定されているものの、NO_x の基準を設定している業種が極めて少ない。また、CO の排出基準の一部は極めて厳しく、濃度設定の単位が ppm だとするとほとんど達成することが不可能なレベルであり、幾つかの基準の単位は%（パーセント）であるのではないかとと思われるが、単位についてペルシャ語の原文にも説明がない。

一方で、HF、F₂、硫化水素（H₂S）等の基準が設定されている業種が多く、これらはかなり独自色の強いものである。今回調査の協議初日に、DOE の出席者から F₂、HF の測定やインベントリ作成の要望が出された理由のひとつがこの排出基準にあったものと考えられる。

さらに、「表 2－12 工場及び作業所に対する排出基準の例」の先頭に記載されている製造業一般に適用される 4 項目の規制値には、SO₂、H₂S、CO のガス 3 項目は記載されているものの、4 番目は規制数値だけが記載されており、項目名（ガスの種類）は抜けている。これは DOE ホームページに表示されている原文でも同様である。2000 年 11 月に決定された排出基準の最も一般的と考えられる部分の DOE ホームページでの記載が、誤表記のまま 10 年以上修正されていないことから、イランの排出基準はあまり使用されていないのではないかと疑問が生じざるを得ない。

次に、自動車（乗用車）⁸ に対する排出基準を下表に示す。

EU 各国で 2005 年から 2006 年 1 月にかけて導入された EURO-4 の基準が、イランにおいては 2014 年から導入されている。それまでは EURO-2 が適用されていた。

参考までに、EU が 2008 年 9 月（全域に適用されたのは 2011 年）から導入した EURO-5 の規制値を示したが、イランでの導入予定時期は未確認である。

なお EU では 2014 年 9 月からさらに厳しい規制の EURO-6 が、また日本では 2009 年から「ポスト新長期規制」と呼ばれる、EURO-6 と同等もしくはさらに厳しい排ガス規制が、それぞれ適用されている。

表 2－13 イランの自動車排ガス基準 EURO-4（乗用車）と EU の現行排ガス基準 EURO-6 の比較

規制対象の大気汚染物質	規制の単位	EURO-4（イラン導入年：2014） ⁹		EURO-6	
		ガソリン車	ディーゼル車	ガソリン車	ディーゼル車
NO _x	g/km	0.08	0.25	0.06	0.08
HC	g/km	0.1	-----	0.06	-----
PM	g/km	-----	0.025	0.005	0.005

出典：詳細計画策定調査団（2015）

2－3－2 大気環境モニタリングの主管機関

現在テヘラン市に配置されている大気環境モニタリングのための測定局は、AQCC が 21 局、DOE-TPD が 18 局の計 39 局であるが、DOE-TPD の 3 局が停止しているため、稼働しているのは 36 局である。36 局のすべてで測定しているのは CO 及び NO_x のみで、その他は、SO₂ が 30

⁸ LDV（Light Duty Vehicle）

⁹ 情報収集・確認調査の記載（56 ページ）では 2015 年度となっている。

局、PM2.5 と SO₂ が 28 局、オゾン (O₃) が 27 局、PM10 は 25 局で測定されている。AQCC の測定局では、VOC 以外の測定項目で、不自然な値を表示している測定装置が散見されるものの、多くの測定局で測定が行われている。他方 VOC については、AQCC の 16 局、DOE-TPD の 11 局の計 27 局に測定機材が設置されたものの、現在すべての局で作動していない。この状態は設置後 1、2 年で生じたとのことである。

以下に AQCC と DOE-TPD それぞれの保有する測定局について記す。

(1) AQCC

2015 年 10 月現在、AQCC 所管の大気環境モニタリング局は 21 局あり、21 局のすべてで測定しているのは O₃、CO、NO_x 及び SO₂ で、その他は、PM10 は 19 局、PM2.5 は 15 局で測定されている。VOC は 16 局に設置されていたが、全ての機材が故障したため測定局から取り外して AQCC の機材倉庫に持ち帰り、保管されている。VOC 以外の測定項目では、不自然な値を表示している測定装置が散見されるものの、多くの測定局で測定が行われている。

今回の調査で実際に訪問し、動作状況を担当団員が目視確認できた測定局は 5 局である。聞き取りによると、基礎情報収集・確認調査で確認された 2013 年当時の測定年報よりも 2014 年以降はデータの欠測が少なくなり、稼働状況に改善がみられるとのことである（ただし 2014 年の測定時間数のデータは本調査では未入手。2013 年の測定局項目別有効測定時間数については JICA「イラン・イスラム共和国テヘラン市大気汚染管理情報収集・確認調査報告書」を参照）。

DOE-TPD のモニタリング機材配置と比較すると、AQCC の機材配置は一律で網羅的である。一般的に、CO 及び VOC は自動車排ガスによる影響が大きい大気汚染物質であるため、住宅地や公園に配置されている測定局に設置することの有効性は疑問である。逆に O₃ は一酸化窒素 (NO) との反応で容易に O₂ と NO₂ に変化する物質であるため、一般的に NO が多い道路端の測定局（自動車排ガス測定局、略称：自排局）に設置することの有効性は疑問である。局の再配置、測定項目の見直しを実施することで、選択と集中により、測定活動の効率化が相当図れると考えられる。

表 2 - 14 大気環境モニタリング局と稼働状況 (AQCC)

No. of St.	Name of Air Quality Monitoring St.	O ₃	CO	NO _x	SO ₂	PM10	PM2.5	VOC	製造／タイプ
1	Sharif Univ. of Technology	○	○	○	○	○	○	o.o.	Ecotech
2	Daroos	○	○	○	○	ni	○	o.o.	Ecotech
3	Piroozi	○	○	○	○	○	○	o.o.	Ecotech
4	Aqdasiyeh	○	○	○	○	○	○	o.o.	Environment S.A
5	Poonak	○	○	○	○	○	○	o.o.	Environment S.A
6	District 2 of Municipality	○	○	○	○	○	○	o.o.	Environment S.A

7	Golbarg	○	○	○	○	○	○	o.o.	Environment S.A
8	Masoodieh	○	○	○	○	○	○	o.o.	Environment S.A/micro St.
9	District 4 of Municipality	○	○	○	○	○	○	ni	Environment S.A/micro St.
10	Shahr-e-Rey	○	○	○	○	○	○	o.o.	Environment S.A
11	Rose Park	○	○	○	○	○	○	o.o.	Environment S.A
12	Disaster Management Base of District 7	○	○	○	○	○	○	o.o.	Environment S.A
13	District 16 of Municipality	○	○	○	○	○	ni	ni	Environment S.A/micro St.
14	District 10 of Municipality	○	○	○	○	○	ni	ni	Environment S.A/micro St.
15	District 11 of Municipality	○	○	○	○	ni	○	ni	Environment S.A/micro St.
16	District 19 of Municipality	○	○	○	○	○	ni	ni	Environment S.A/micro St.
17	Fath	○	○	○	○	○	ni	o.o.	Ecotech
18	Mahallati	○	○	○	○	○	ni	o.o.	Ecotech
19	Shadabad	○	○	○	○	○	○	o.o.	Ecotech
20	Tarbiat Modares Univ.	○	○	○	○	○	○	o.o.	Ecotech
21	Tehransar	○	○	○	○	○	○	o.o.	Ecotech

Note ; ○ : operating
ni : not installed
o.o. : out of order

出典：詳細計画策定調査団（2015）

（2）DOE-TPD

2015 年 10 月現在、テヘラン市内の DOE-TPD 所管の測定局としては 18 局が配置されており、うち 15 局が稼働している。15 局のすべてで測定しているのは CO 及び NO_x のみで、そのほかは PM_{2.5} が 13 局、SO₂ が 9 局、O₃ と PM₁₀ は 6 局で測定されている。VOC はもとも 11 局に配置されていたが、すべて故障している。VOC 以外の測定項目の稼働状況は、DOE-TPD への聞き取りによるものである。今回の調査では、担当団員が DOE-TPD の測定局を訪問し、目視で動作状況を確認することはできなかった。

表 2－15 大気環境モニタリング局と稼働状況（DOE-TPD）

No. of St.	Name of Air Quality Monitoring St.	O ₃	CO	NO _x	SO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	VOC	製造／タイプ
1	Atisaz	○	○	○	ni	○	○	o.o.	Environment S.A
2	Pasdaran	ni	○	○	ni	ni	○	o.o.	Environment S.A

3	Shokoufeh	○	○	○	ni	○	○	o.o.	Environment S.A
4	Salamat	ni	○	○	○	ni	○	ni	Environment S.A
5	Ghaem	ni	○	○	ni	ni	○	o.o.	Environment S.A
6	Cheshmeh	○	○	○	ni	○	○	o.o.	Environment S.A
7	Razi	ni	○	○	○	ni	○	ni	Environment S.A
8	Tehran University of Medical Sciences	ni	○	○	○	ni	○	ni	Environment S.A
9	Bahman	o.o.	o.o.	o.o.	o.o.	o.o.	ni	o.o.	Horiba、全項目停止中
10	Enam Khomeyni	○	○	○	○	○	○	o.o.	Ecotech
11	Pardisan	○	○	○	○	○	○	o.o.	Horiba
12	Sorkhe Hesar	○	○	○	○	○	ni	o.o.	Horiba
13	Elma Sanat	ni	○	○	○	ni	○	ni	Environment S.A
14	Mantage 15	ni	○	○	ni	ni		o.o.	Environment S.A
15	Shahr-e-Rey	ni	○	○	○	ni	○	ni	Environment S.A
16	Poonak	ni	o.o.	o.o.	o.o.	ni	o.o.	ni	Environment S.A、全項目停止中
17	Behshti University	ni	○	○	○	ni	○	ni	Environment S.A
18	Gholhak	o.o.	o.o.	o.o.	o.o.	o.o.	o.o.	o.o.	Ecotech、全項目停止中

Note ; ○ : operating
ni : not installed
o.o. : out of order

出典 : 詳細計画策定調査団 (2015)

2-3-3 一般大気汚染物質の大気環境モニタリング

(1) 現状と課題

テヘラン市内に 39 カ所ある自動測定局（2015 年 10 月現在、うち 3 カ所は停止中）の一部が老朽化し、また経済制裁によりスペアパーツや消耗品の調達が困難となっており、キャリブレーションを含む維持管理が多くの場合適切に行われていない。結果として測定データの信頼性が低い。

日本の環境省が発行する「環境大気常時監視マニュアル（第 6 版）」では、イランと同形式（乾式）の大気汚染測定装置の更新時期を「保守点検、定期点検等によって部品交換等測定機の性能維持を適切に行うとして、老朽化による故障発生頻度の増大等の要因を総合的に判断するとその耐用年数はおおむね 5～7 年であり、乾式自動測定機、浮遊粒子状物質（SPM）自動測定機、微小粒子状物質自動測定機は 7 年、湿式自動測定機にあっては 5 年が目安になる。」と記述している。

AQCC 管理下、DOE-TPD 管理下の測定局は、2010 年以前に設置されていることから、現状の維持管理予算と維持管理体制のままだでは、2017 年にはほぼすべての測定局は寿命を迎え、

- ・何らかの原因で、動作を停止する。

- ・ 正常な測定ができなくなる。
 - ・ 校正等、制度の良い測定に必要な操作ができなくなる。
- 可能性が非常に高い。

(2) 協力量針（案）

測定局の分類を含む測定局ネットワークを見直し改善すると同時に、重要度の高い6局を選定し、既存機材のリハビリ、オーバーホールを実施すると同時に、可能であればレファレンス局として2カ所を新設し、最低8カ所にて精度の十分な測定が行えるようにすることを提案する。

地点数を6局とした根拠は、テヘラン市は北東部に急峻なアルボルズ山脈を擁し、南部から南東部は遠く砂漠につながっている。また東西は約40 km、南北は約30 kmに広がる大都市であり、北に標高が高く（約1,500 m）南に行くほど低く（約1,200 m）なっている。大気汚染の分布は発生源の強さと分布の他、地形と気象の影響を大きく受けるため、標高差に応じた3カ所（高、中、低）を東西の2ラインで計6カ所という数が、テヘランの大気汚染状況を把握するためには必要最低限の数と考えられるためである。さらに精度の高い長期的な継続モニタリングを担保するため、可能であれば過去のモニタリングデータの解析から高濃度出現局等を重点地点として選定し、2カ所の新設局をレファレンス局として新設することを提案する。

しかし、プロジェクト終了前後にはオーバーホールをする予定の6局の耐用年数も尽きる。このため技プロ実施中に、「適切な保守点検、定期点検等によって部品交換等測定機の性能維持を行うためには、毎年ごとに、測定機器の購入価格の10%程度が必要になり、設置7年後には入替え（更新）が必要である」という事実を政策決定者に伝え続け、近い将来の更新に必要な予算を確保することにより、プロジェクト終了後数年以内には、イラン独自の予算での測定局の更新が行われるよう継続的に指導・助言を行う必要がある。

上記提案の新たなレファレンス局2局の設置は、独自の測定局更新が行われるまでの時期に、テヘラン市内に測定局ゼロの事態を避けるためのリスク回避を兼ねている。

2-3-4 重点有害大気汚染物質

(1) 揮発性有機化合物（VOC）、特にベンゼン

1) 現状と課題

現在VOCの総量を測定する大気環境測定機材はテヘラン市内に27局（AQCCの16局、DOE-TPDの11局）あるが、高度な運用管理が要求される測定機材であるため、現在の稼働数はゼロであり、測定は全くされていない。

VOCは常温である程度の蒸気圧を有し、液体で存在しても大気中に揮発（蒸発）する有機化合物の総称であるが、一般的に30～50数種の有機化合物の総和である。なかでも発がん性物質であるベンゼンの大気中濃度のイラン国家指定の基準値は5 µg/m³（3カ月平均）であるが、テヘランにおいては2006年頃から20 µg/m³と濃度が高まっており、テヘランにおける高いがん罹患率の一因と疑われている。発生原因は推定されるものの、完全には究明されておらず、政策的・社会的にも原因特定と対策のニーズがある（参考までに日本における環境基準は年平均値で3 µg/m³であり、全国の自治体で

実施しているモニタリングで環境基準を上回ることはまずない)。

また、PM によるテヘランの大気汚染構造の解明には、市内の VOC 発生源からの濃度の把握が必要になる。

2) 協力量針 (案)

活動 2-1 の下で、市内 3 カ所の測定局での VOC 測定を支援することとする (国内有識者ヒアリングによれば、濃度分布の変化が他の物質に比べ緩やかなため、標高差に応じた 3 カ所での測定とする)。機材のオーバーホールにより、VOC 総量の測定を再開する。

また活動 2-3 の下で、上記とは別途、ベンゼンを始めとする VOC 中の個別物質の割合を調べるため、高精度小型ポンプと捕集管サンプリング法を用いたサンプル採取と、本邦での分析を行う (サンプル採取に必要な資機材が小型なので、経済制裁下でも携行機材により実施可能)。

分析を本邦で行うとする理由は、イラン国内での VOC の成分分析の可能性を確認するためテヘラン大学医学部公衆衛生学科を訪問したものの、1 台だけ所有している米国製のガスクロマトグラフィ質量分析計 (GC/MS) が故障しており、修理の見込みも立たないことから、BTEX (ベンゼン・トルエン・エチルベンゼン・キシレン) などの限定的な成分分析しかできないことが判明したためである。

別途、活動 1-5 の下で、自動車燃料の輸送運搬～販売プロセス中の VOC 発生源を特定し (例: ガソリンスタンド)、発生源での VOC 総量の測定を行う。

(2) 多環芳香族炭化水素 (PAH)、特にベンゾ [a] ピレン

1) 現状と課題

ベンゾ [a] ピレンは発がん性が特に高く、日本においては健康リスクがある程度高いと考えられる有害大気汚染物質 (全 248 物質) のうち 23 の優先取組物質の 1 つに指定され、PAH のなかでも唯一環境モニタリング対象となっている。ただし日本では、環境基準値、指針値は設定されていない。テヘランにおいては、一部の大学でモニタリングと分析がなされているものの、結果に対する信頼性に疑問が呈され続けている。

2) 協力量針 (案)

活動 2-4 の下で、2 カ所の地点で、供与機材 (ハイボリウムエアーサンプラー) でのモニタリング (サンプルの捕集) を実施する。分析には高度な技術と装置が必要なため、本邦で実施する。

2-3-5 大気環境モニタリングに関する制度・体制・技術レベル

(1) ラボの認証・認定

DOE によるラボの認定制度¹⁰ があるが、大気環境モニタリング機器は、以下の理由により認定の対象外であると推定される。

イランでのラボの認定検定の手順 (付属資料 6. 「主要面談録」 参照) では、以下の 2

¹⁰ <http://www.doe.ir/Portal/home/?124633/%D8%A2%D8%B2%D9%85%D8%A7%DB%8C%D8%B4%DA%AF%D8%A7%D9%87%20%D9%85%D8%B9%D8%AA%D9%85%D8%AF>

つがある。

① DOE のラボが所有する分析機器を 1 次標準として、認定を受ける機器と並行運転した結果を比較し、一定の水準にある機材を認定する。

② 既知濃度の標準試料を配布し、目隠しテストの結果を評価する。

しかし、②は 100 ml 程度の小さな容器に小分けして配布可能な標準液を作成できる水質分析には適用できるが、小分けした標準ガスの作成が困難である大気環境モニタリングの分析機器には適用できない。また、DOE 自身の所有する大気環境モニタリング機材が老朽化により耐用年数を超えようとしている状況では、①による認証も現実的ではないと考えられる。

(2) 維持管理作業のアウトソーシング及び技術移転

「テヘラン市大気汚染管理情報収集・確認調査報告書」(JICA)によれば、民間維持管理会社 Jarfan dishan-e Sanaye Kima Company が AQCC と DOE の大気環境測定局の維持管理業務を独占的に受託しているとのことであった。しかし今回調査では、AQCC は同社との契約に特に価格面で満足しておらず、2015 年 9 月をもって維持管理業務契約を切り、2 カ月後に入札を行って大気環境測定局維持管理業務を行う業者を選定する方針であることが判明した。このため、上記の基礎情報収集確認調査の段階では維持管理業務を担当するコントラクターを C/P-WG に含め能力強化の対象とすることを計画していたが、これを見直し、技術協力プロジェクト実施中に維持管理業務を受託している業者が中心に使用することになる大気環境モニタリング機器の標準作業手順書 (SOP) の作成と、テヘランでのオンザジョブ・トレーニング (OJT) による技術移転を進めることとする。

(3) 技術レベル

VOC 自動測定装置の運転・維持管理技術などごく限られた分野では技術レベルの未熟さがみられるものの、テヘランにある大学、研究機関、ラボに勤務している科学者、技術者の技術レベルは総じて高い。担当団員が同じ中東地域のエジプトやシリアで環境省や環境局の中央・地方の職員を対象にトレーニングを実施してきた経験と比較すると、イランの技術レベルは高い。過去の協力事業「大テヘラン圏大気汚染総合対策計画調査」の C/P 5 人のうち 3 人はアメリカに渡り 2 人は博士号を取得するなど、教育水準も非常に高い。プロジェクト活動の範囲がテヘランに限られる場合、C/P 及び C/P-WG の技術レベルは十分に高く、一般的な開発途上国のそれではないと考えて具体的な活動計画をつくることが望ましい。

ただし、上記はイラン全国ではなくテヘランのレベルであり、地方とのギャップは大きいという意見が多く聞かれることには留意が必要である。

2-3-6 課題・問題点

(1) 供与機材の設置場所

現在 AQCC には、執務スペースのほかはわずかな倉庫スペースしかない。大気環境モニタリング局関連の機材とベンゾ [a] ピレン採取用のハイポリウムエアサンプラー等は測定局又は測定局の屋上に設置することができるが、精密天秤、精密天用の温室度調整

チャンバーなどを設置する場所を確保することは厳しい。他の活動で供与する機材も含め設置場所や保管場所の確保が、AQCC 本部ビル以外の場所に必要と考えられる。

(2) 機材調達と活動スケジュール

1) 調達機材を使わずに開始できる活動 (1 年目、2 年目)

a) 活動 2-1-3 : 大気環境測定局 (NO_x、SO₂、O₃、CO、PM10・PM2.5) 6 局のオーバーホール

イランにおいて、大気環境測定局のように環境に関連し、かつ既に運用されている機材の維持管理や修理に必要な部品等は、経済制裁の対象から除外されているとの情報がある。選定する予定の 6 局の修理、オーバーホールに必要な部品、スペアパーツはこれに当てはまる可能性があり、その場合は経済制裁が解除になる前に投入・活動が始められる。一方、輸入に当たって湾岸諸国を経由させる必要がある場合は、価格は 30 ~ 40% 高くなると推定される。

b) 活動 2-1-7 : 大気環境測定局 (VOC) 3 局のオーバーホール

VOC は濃度分布の変化が緩やかなので、修理、オーバーホールの対象となる局が他の大気汚染物質より少なく、活動項目は別立てであるが、これも前述の活動と同様に経済制裁の対象から除外されている可能性があり、その場合は経済制裁が解除になる前に投入・活動が始められる。

c) 活動 2-1-4 : 大気環境測定局の測定機材の SOP づくり (NO_x、SO₂、O₃、CO、PM10・PM2.5)

作動している機材があれば、SOP 作成は可能である。VOC を除く大気環境モニタリング機材の SOP の作成は、経済制裁が解除になる前に実施する。ただし、SOP を用いた活動の本格的実施にはキャリブレーション不可欠であり、この部分は、経済制裁が解除になってから導入するキャリブレーション用の高圧容器詰め標準ガス、減圧弁の供与を待つことになる。

d) 活動 2-3-2、2-3-3 : 大気環境中の VOC のサンプリングと本邦での分析

VOC サンプリングに使用する小型サンプラー (5 台) 及び捕集管 (200 本) は、旅行用トランクの 1/4 のスペースがあれば日本から輸送できる大きさなので、携行機材として持ち込むことが可能と見込まれる。テヘランでサンプリングした捕集管も同様に携行して日本に持ち帰り、濃度分析が可能であると推測される。この活動も経済制裁解除を考慮せずに開始できる。

2-3-7 協力上の留意点

(1) DOE-TPD への投入

6 カ所の大気環境測定局を、再配置計画の検討により、部品交換、修理、リハビリを実施して復活させる計画である。純粹に科学的に検討するだけではなく、AQCC 局を何局、DOE-TPD 局を何局修理するのかという政治的、予算的問題が出てくる。DOE-TPD に供与予定の機材は、数、金額とも多くはないので、この活動が DOE-TPD への投入の大部分を占めることになる。DOE の協力やモチベーションを維持するためにも最低 2 カ所を DOE-TPD 保有局とする必要が考えられる。

2-4 PM2.5・PM10 汚染構造の解明

2-4-1 現状と課題

イランにおける PM2.5 の大気環境基準値は、WHO ガイドライン（2005）と同じく年平均値が $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、日平均値が $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ である。シャリフ工科大学の PM 研究者である Dr. Mohammad Arhami の解析によれば、第 1 期と同じ期間に観測された同大学の大気環境測定局の PM2.5 の年平均値は $38.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と、大気環境基準値を超過していた。また、後述する第 1 期調査の質量濃度の分析結果では、取得した試料の 51% が日平均値の環境基準値を超過していた。

AQCC は、PM2.5 汚染構造を解明するために独自の調査予算を確保しており（2 年間で約 6,000 万 IRR）、調査は有識者を交えて計画検討し、実施段階にある。同調査では PM2.5 汚染構造の解明と発生源寄与解析を行うためにテヘラン市内で PM2.5 組成調査を実施している（以下、「AQCC 調査」という）。AQCC のほかにシャリフ工科大学の Dr. Mohammad Arhami が調査のアドバイザリーとサンプリング活動、ケミカルマスバランス法（Chemical Mass Balance Model : CMB）などによるデータ解析、ウィスコンシン大学の Dr. James J Schauer が第 1 期調査の成分分析、テヘラン医科大学の Dr. Mohammad Sadegh Hassavand が第 2 期調査の成分分析を担当している。

AQCC 調査の概要は下記のとおりである（以下は、調査団の収集資料である Dr. Arhami 作成のプレゼンテーション資料を参考に情報を整理したものである）。

（1）第 1 期調査

実施期間：2014 年 2 月から 2015 年 2 月（12 カ月）

観測地点：シャリフ工科大学（テヘラン市の中心にある大気環境測定局）

観測頻度：USEPA の方法を参考に、6 日ごとのサンプリングを通年で実施

観測機器：AQCC 保有のロウボリウムサンプラー（LV, Low volume air sampler）2 台（注：ろ紙 1 種類の捕集にサンプラー 1 台が必要となる）

捕集試料：石英ろ紙とテフロン（Polytetrafluoroethylene : PTFE）ろ紙をそれぞれ年間 50 試料、ブランク試料を 14 試料



出典：Dr. Arhami プレゼンテーション資料

図 2-11 第 1 期調査での捕集試料例

分析方法：石英試料は 50 試料をそれぞれ分析し、50 個の炭素成分の日平均値を得る。
PTFE 試料は分析機器の検出下限等を考慮して、ある 1 カ月に得られた試料を混合分析して月平均値を得る。結果として、石英試料からは 50 個の日平均値、PTFE 試料からは 12 個の月平均値が得られる。

分析項目：石英試料で炭素成分〔元素状炭素 (Elemental Carbon : EC)、有機性炭素 (Organic Carbon : OC)〕、PTFE 試料で質量濃度、イオン成分、金属成分、有機成分 (PAH、植物由来など)、Reactive Oxygen Species (ROS, 酸素やヒドロキシルラジカルなど細胞に悪影響を及ぼす物質の総称)

分析機器：炭素分析計 [Thermal-Optical Transmittance (TOT) Carbon analyzer]、ガスクロマトグラフィタンデム質量分析計 (Gas Chromatography–Mass Spectrometry : GC/MS/MS)、誘導結合プラズマ質量分析計 (Inductively Coupled Plasma–Mass Spectrometry : ICP/MS)、イオンクロマトグラフィ (Ion Chromatography : IC)、精密天秤 (1 µg 精度) など

解析状況：Dr. Arhami によれば、金属成分の分析結果が揃っていないものの、炭素、イオンなどの成分を用いた初期解析がシャリフ工科大学によって行われている。解析手法は、PM2.5 組成の同定と月別組成の把握、質量濃度推定手法 (Chemical Mass Closure : CMC)、CMB 法、主成分分析 (Principal Component Analysis : PCA)、金属成分の Enrichment Factor 解析、EC/OC 比による発生源の定性解析が行われている。すべての成分分析の結果が揃えば、改めて CMB 法などによるデータ解析が行われ、さらにデータの蓄積が進めば正値行列因子分解法 (Positive Matrix Factorization model : PMF) による発生源解析も行われる予定であるという。

(2) 第 2 期調査

実施期間：2015 年 2 月から 2016 年 2 月 (12 カ月)

観測地点：シャリフ工科大学、Mahallati (Roadside、市街地からみて主風向の風下にあたる位置にある大気環境測定局)、Tehran Sar (Suburb、市街地からみて主風向の風上にあたる位置にある大気環境測定局)、Shahiar (Rural、市南西郊外にあるバックグラウンドに相当する大気環境測定局)、図 2 – 12 参照。

観測頻度：上記、第 1 期調査と同じ

観測機器：AQCC と DOE-TPD 保有の LV 計 4 台

捕集試料：PTFE ろ紙を年間 50 試料 (予定)

分析方法：上述の第 1 期調査と同じだが、PTFE 試料のみ。

分析項目：質量濃度、イオン成分、金属成分

分析機器：IC、誘導結合プラズマ発光分析装置 (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry : ICP/OES)、精密天秤 (10 µg 精度)

解析状況：テヘラン医科大学により、成分分析が行われているところである。



出典：JICA 詳細計画策定調査団

図 2－12 AQCC 調査での調査地点

2－4－2 東京都による PM2.5 成分調査の参考事例との比較

AQCC 調査の実施内容を検証するために、東京都が微小粒子状物質検討会を設置して実施した PM2.5 成分調査の内容を整理する。東京都では、2008 年から東京都内の PM2.5 の実態、原因物質や生成メカニズムの解明及び削減対策等を検討する調査（以下、「東京都調査」という）¹¹を 3 年間実施した。東京都調査では、初年度に都内の一般局 9 局と自排局 8 局、2 年度と 3 年度に一般局 2 局と自排局 2 局で各 2 週間、四季の PM2.5 組成調査を実施して、合計 1,176 試料の石英と PTFE 試料を取得している。

東京都調査では、レセプターモデルによる解析も CMB 法と PMF 法を実施している。CMB 法には 8 種類の発生源プロファイル（土壌・道路粉じん、海塩粒子、鉄鋼、重油燃焼、廃棄物燃焼、自動車排ガス、ブレーキ粉じん、バイオマス燃焼）を使用し、PMF 法には初年度に得られた 952 試料から検出下限未満のデータを除外して実施している。

PMF モデルによる解析の結果、バイオマス燃焼と考えられる寄与が相当程度あり、未把握の発生源の影響も無視できないことが示唆されている。CMB モデルによる解析では、既存発生源（一次粒子）の寄与濃度の割合は 1/3 程度であった。一方、二次生成粒子の寄与割合は PM2.5 全体の約 2/3 を占めており、PM2.5 原因物質の発生源は多岐にわたることが裏づけられている。また、道路沿道では自動車排ガスやブレーキ粉じんの寄与が大きく、都内区部では石油燃焼、多摩部ではバイオマス燃焼類の寄与が相対的に大きいという特徴がみられている。

¹¹ 東京都微小粒子状物質検討会、東京都微小粒子状物質検討会報告書、平成 23 年 7 月。

表 2－16 AQCC 調査と東京都調査の比較

	AQCC 第 1 期	AQCC 第 2 期	東京都
地点数	1	4	17
捕集フィルタ数（枚）	石英：50 PTFE：50	PTFE：50	石英：1,176 PTFE：1,176
分析試料（検体）	石英：50 PTFE：12	PTFE：12	石英：1,176 PTFE：1,176
質量濃度	○	○	○
炭素成分（EC、OC）	○	×	○
イオン成分	○	○	○
金属成分	○	○	○
CMB 法／PMF 法	○	○	○

注：○印は対象、×印は対象外を意味する。

2－4－3 精度と技術レベル

技術レベルは、既に PM2.5 のサンプリング、分析を研究レベルでも実施していることから相応のレベルに到達している。観測機材の不足と分析機器の不足が課題であり、不足が補われさえすれば、独自にサンプリングと分析を行えるだけの技術力を有していると考えられる。Dr. Arhami によれば、レセプターモデルによる発生源寄与解析に当たって必要となる PM 発生源プロファイルを、USEPA が公開しているものではなく、ロサンゼルスで測定・作成された文献値を使用して、CMB モデルを試行しているという。また、PCA も実施しており、PMF モデルについても環境データの蓄積が進めば実施予定であるとしている。Dr. Arhami は米国の大学に留学して CMB 法等のレセプターモデルを習得しており、その実施に関する技術レベルには大きな問題はないと考えられる。

しかし、発生源プロファイルの選択とレセプターモデルの実行とその結果の評価に関しては、日本側の有識者との検証、議論の場を設けることが、AQCC の政策提言の材料とするためにも有意義なものとなる。さらに、第 1 期及び第 2 期調査での成分分析結果を用いた試行的な汚染構造の解明やレセプターモデルの適用を本技プロで試行することで、観測を含めた精度と技術レベルに関する議論と確認を行うことができる。

2－4－4 課題・問題点

AQCC 調査のアドバイザーを務める Dr. Arhami によれば、テヘランにおける PM 汚染構造の解明と発生源寄与解析に係る課題として、下記の要素が該当する。

- ・観測機器の不足により、観測データの蓄積が不足している。
- ・分析機器（炭素分析計、GC/MS、ICP/MS、精密天秤）が不足している。
- ・CMB 法のための PM2.5 発生源プロファイルがテヘランにない。

（1）サンプリング

PM の汚染構造の解明のためには、PM 組成の 1 日のうちでの時間変動、年間での季節

変動を整理することでどのような要素が PM 汚染に影響しているかを評価することが有効である。そのためには、PM 組成の観測データを蓄積して、気象や社会活動などの異なる条件で採取した試料の成分分析結果を充実させることが必要となる。

AQCC が利用可能なテヘランでの PM 組成の観測データは、第 1 期調査で得られた石英フィルタの試料の 50 データと PTFE フィルタの 12 データ（50 試料を月単位でマージしたため、12 データとカウントする）である。第 2 期調査では、当初 8 地点が提案されたが、予算、観測機材、分析機器の不足により、4 地点での PTFE フィルタのみの 12 データが取得されるにとどまっているという。現状では、観測機材と分析機器の不足が第 2 期調査での石英フィルタの試料取得を妨げる直接的な要因となっている。結果として、PM の重要な成分のひとつである炭素成分が明らかとならないことが課題である。

また、サンプリングには試料の汚染を防ぐために適切な精度管理が行える体制が必要となる。AQCC 調査では、シャリフ工科大学の学生がサンプリングを担当しているが、サンプリングのための人的リソースが不足している状況にあるという。そのため、教育訓練に基づき、適切なサンプリングが実施できる体制の構築を行うことも必要である。

（２）成分分析

第 1 期調査での成分分析を担当したウィスコンシン大学には PM2.5 成分分析に必要な炭素分析計、GC/MS、ICP/MS、精密天秤（1 μ g 精度）が整備されており、PM2.5 の基本的な構成成分である炭素、イオン、金属だけでなく、研究的な要素が大きい成分も対象とした分析がなされていた。一方で、テヘラン医科大学が保有する分析機器は、PM2.5 成分の微量分析を行うには検出下限の面で能力が不足している。テヘラン医科大学は PM2.5 成分分析の研究実績を有するものの、イオン成分の分析が可能な IC と金属成分の ICP/OES、精密天秤（10 μ g 精度）を保有しているにすぎない。ICP/OES は検出下限が ppb オーダーであるのに対し、ICP/MS は ppt オーダーであり、精密天秤も PM2.5 の微量成分を分析対象とするのに求められる精密天秤の 1 μ g の検出下限ではなく 10 μ g であるため、分析機器の精度の面で課題がある。

AQCC 調査では、サンプリングする PTFE フィルタを月単位でマージすることにより検出下限を調整した成分分析を行うこととしている。この PTFE フィルタを月単位でマージして成分分析する方法は、微量成分を検出しやすくする利点がある一方で、日単位の分析値が得られる石英フィルタとの対応をみられなくなるデメリットがある。第 1 期調査の分析結果にも、2014 年 7 月の分析値に何らかの異常値が混入したことが認識されており、日単位でのデータが得られていれば、詳細な解析が行えた可能性が高い。そのため、技プロでは微量成分の検出が可能な分析機器を保有している本邦の分析機関での成分分析の実施が検討されることが望ましい。

（３）発生源寄与解析

既述の東京都調査のように、レセプターモデルによる発生源寄与解析を行う場合、環境大気中の PM 組成データの蓄積がされていることが、解析結果の品質の向上に必要である。また、CMB 法の実施については、USEPA などにより公開されている既存の発生源プロファイルの使用を含め、適切な発生源プロファイルを選択することが求められる。

現状では、テヘランで利用可能な PM2.5 と PM10 の発生源プロファイルが存在しないため、外国で作成された発生源プロファイルを使用した試行的な CMB 法の実施や、技プロで実施予定の実測に基づく発生源プロファイルの作成を試行することも必要なアプローチとなる。

Dr.Arhami の初期解析によれば、シャリフ工科大学で行った分析の PM2.5 濃度には LDV とガソリン車の寄与が大きいことが示唆されている。技プロにおいて、自動車排ガスの PM2.5 組成を測定し、発生源プロファイルを作成することで、PM2.5 濃度への自動車排ガスの寄与を詳細に検討することが可能となる。

2-4-5 協力上の留意点

本詳細計画策定調査の現地協議が実施されたのは、AQCC による第 1 期の結果分析及び第 2 期調査の進行途中であり、シミュレーションモデルは試行中であり、インベントリ報告書の翻訳前であるという段階であった。そのような状況下で、可能な範囲で、現地で妥当と思われる発生源プロファイル作成のための PM サンプルングを検討し、移動発生源及び固定発生源の試料採取を PDM の活動に追加した。また、詳細計画策定調査時に把握できなかった情報を踏まえてイラン側と計画を検討することが重要であるため、活動 3-1 の最初の活動項目としてサンプルング計画の検討を実施する PDM となっている。

対象とする発生源、PM サンプルング方法、数量、PM2.5、PM10 の分級の要否等の詳細な技術的側面は、CMB 法実施の詳細計画とともに検討し、自動車排ガスや固定発生源の測定に関わるプロジェクト活動と効率的に連携して費用対効果を高めつつも、より対策検討に役立つ発生源寄与解析を可能とすることに留意する必要がある。そのため、これらの項目に関する手法、必要機材、数量等は、活動 3-1-1 の終了後に確定することとなる。さらに、プロジェクトを進めることにより新たな試料採取・分析が必要となった場合には、再度、手法・機材・数量等の変更・追加を伴う活動項目追加を検討する必要がある。

AQCC 調査のアドバイザリーを務める Dr. Arhami が、イランにおける PM2.5 組成調査の課題と問題点として、サンプルング、成分分析、発生源プロファイルを挙げていることから、日本側が協力を行ううえでの技術的な認識に大きな齟齬は発生しにくいと考えられる。ただし、Dr. Arhami をはじめ、テヘラン医科大学など、多くの研究者が AQCC 調査に関与しているため、研究の側面から協力をとらえがちになるという懸念は存在する。現状として、AQCC の第 1 期調査で分析対象とした有機酸や ROS は PM 成分のうちでは研究の色合いが濃く、Dr. Arhami が実施した OC を対象とする CMB 法の適用も研究的な要素の強いアプローチである。

AQCC が AQCC 調査の結果を PM 対策立案のための基礎情報とするためには、まずは質量濃度、炭素、イオン、金属の基本成分の情報を確実に蓄積していくことに留意すべきである。そのため、研究的な要素と政策立案のために必要な要素を区分けしたうえで、技プロの活動となる PM2.5 サンプルング計画の立案が重要となる。

一方で、AQCC は PM2.5 の対策のみに重きを置いており、同様に大気環境基準を達成できていない PM10 への意識が希薄である。環境中の PM は、PM10 が粗大粒子、PM2.5 が微小粒子として区別されるが、それぞれの濃度へ寄与する発生源を定量的に評価して、適切な対策を講じることがテヘラン市全体の PM 汚染の改善に大きく貢献することとなる。そのため、PM の汚染構造の解明と発生源寄与解析を、PM2.5 だけでなく PM10 についても技プロの中で確実に実施する必要がある。

第1期調査では、ウィスコンシン大学は共同研究の名目により成分分析を無償で実施した。技プロでテヘラン市を対象にPM成分分析が行われることとなれば、取得される試料の学術的な価値は大きい。研究の色合いを強調し過ぎることとならないように留意すべきであるが、技プロで取得する分析結果とAQCC調査の結果を比較検証し議論するために、日本の有識者とイラン側の研究者が意見交換を行う場を設けることが、その後のイラン側での自律的な取り組みの推進に大いに役立つであろう。

2-5 大気汚染対策におけるシミュレーションモデルの活用

2-5-1 シミュレーションモデル活用の現状

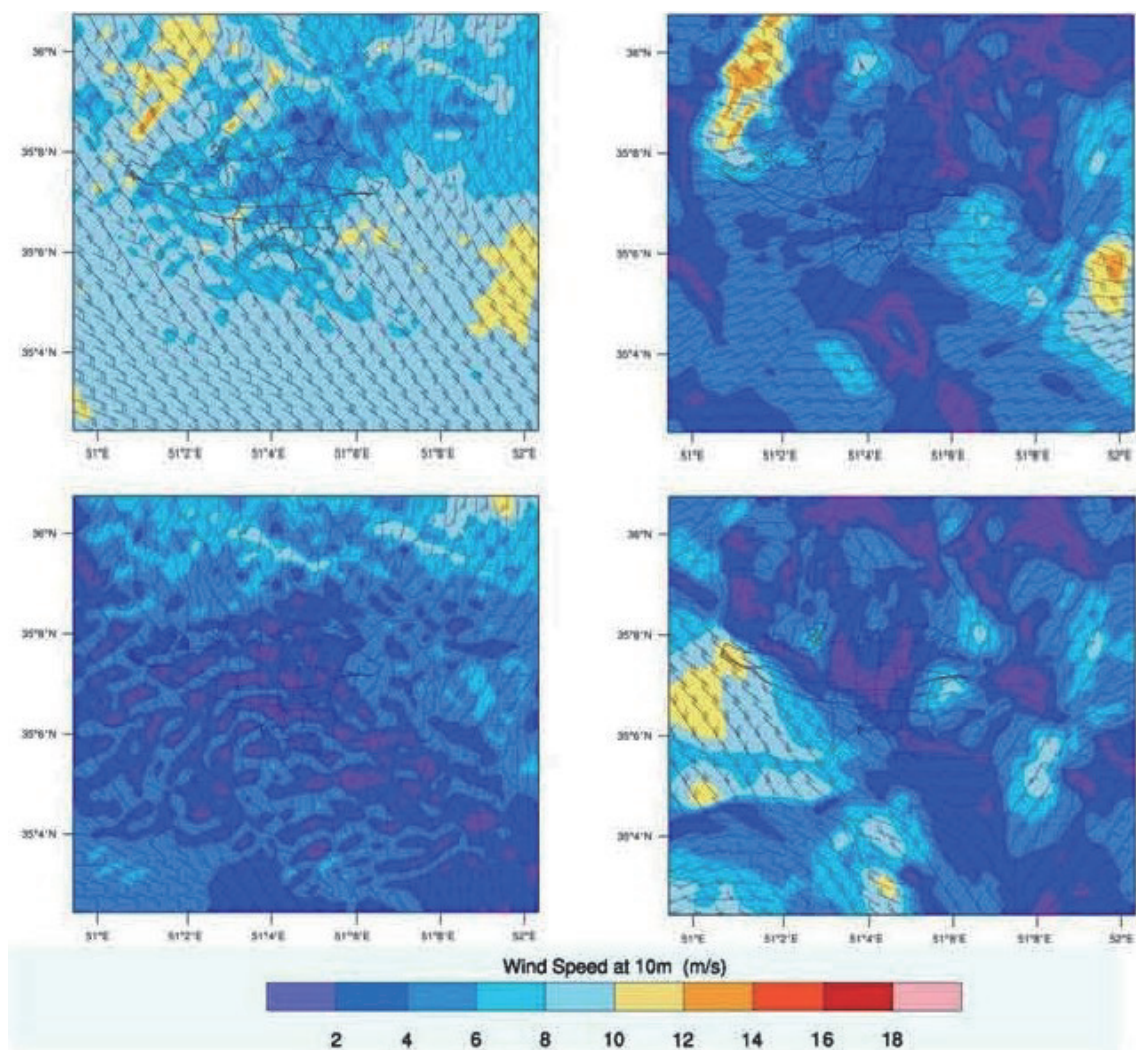
大気汚染対策の検討・評価におけるシミュレーションモデルの活用に関するイランの法規・通達等は確認できなかったものの、実際には、AQCCとIRIMOがそれぞれ独自に活用を試みていることが確認できた。

AQCCはシャリフ工科大学と共同で、翌日の大気汚染予報発令等を目的として、気象(Meteorological)及び光化学(Photochemical)モデルを含む化学輸送モデルの利用研究を進めている。またその副次的用途として、大気汚染対策の効果を濃度分布で示し、研究成果として発表した経験がある。表2-17にモデルの概要を、図2-13から図2-15にモデルの出力例を示す。人体への曝露量については計算されていない。

表2-17 AQCCが研究しているモデルの概要

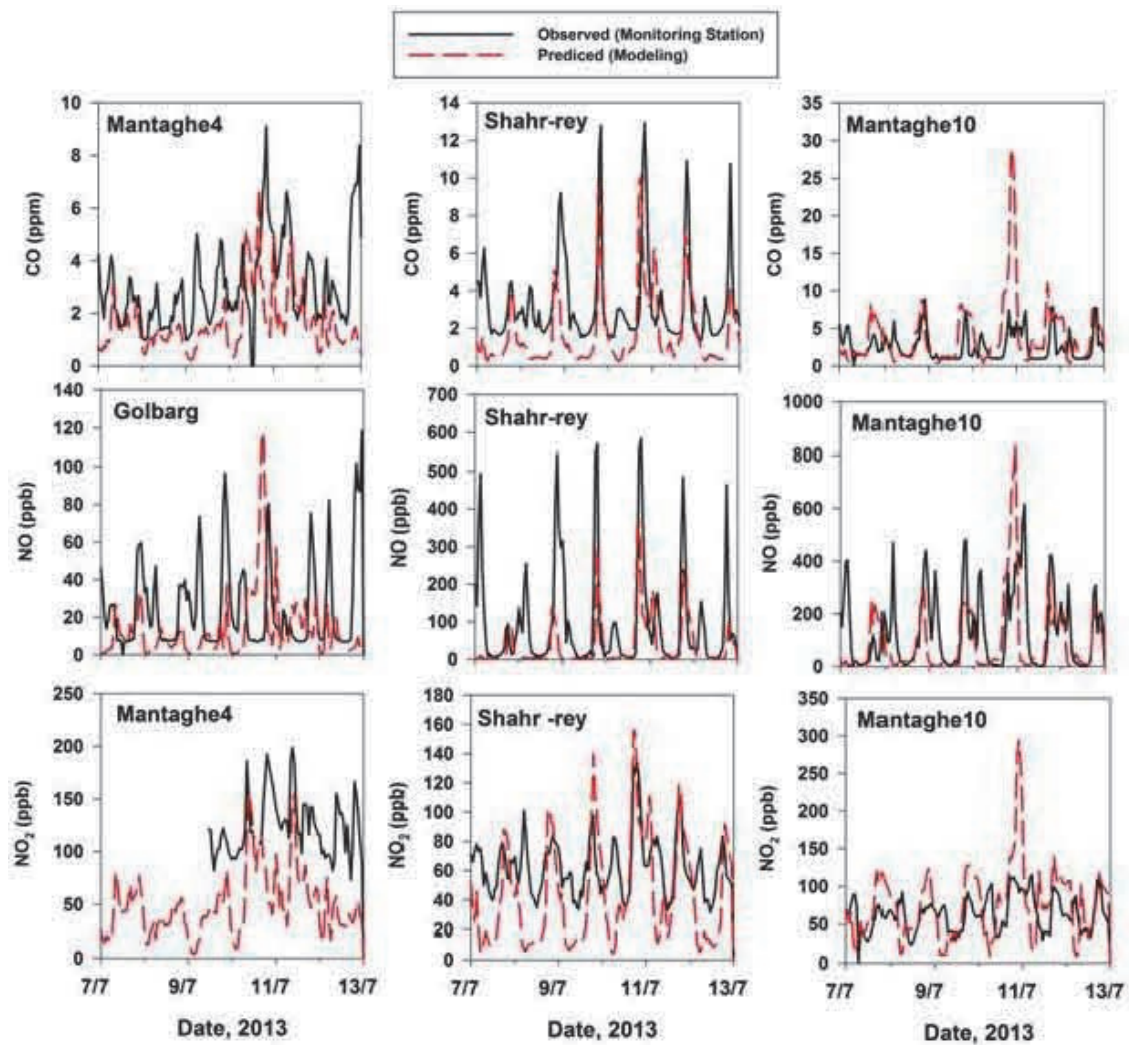
発生源	SOx
化学輸送モデル	➤ 1 km メッシュで 90 x 81 メッシュ ➤ 16 レイヤ ➤ 初期データ・境界データは MOZART-GEOS
気象モデル	➤ 9 km、3 km、1 km にてネスティング ➤ 初期データ・境界データは米国環境予測センター (National Centers for Environmental Prediction : NCEP) 解析データ (Final Analyses : FNL) ➤ 27 レイヤ

出典：AQCCでのヒアリングに基づき調査団が作成（2015）



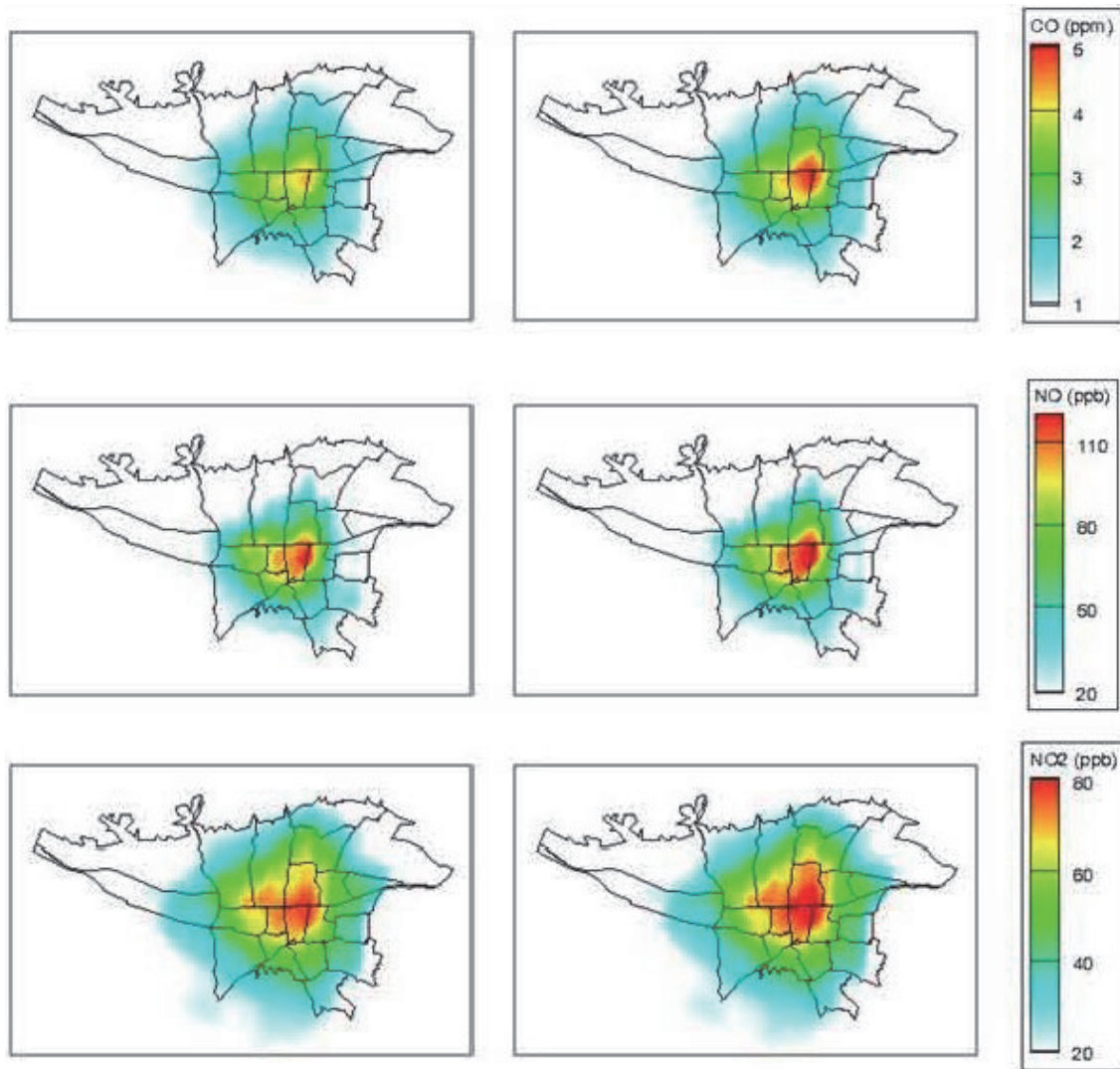
出典：Transportation Research Board (<http://www.trb.org>, 2015)

図 2 - 13 モデルの出力例（気象モデル結果）



出典：Transportation Research Board (<http://www.trb.org>, 2015)

図 2 - 14 モデルの出力例（化学輸送モデル計算結果と測定値の濃度経時変化の比較）



出典：Transportation Research Board (<http://www.trb.org>, 2015)

図 2 - 15 モデルの出力例（濃度平均値の分布の比較。左側は対策後、右側は対策前）

IRIMO は 4 日以内の大気汚染予報を目的として、以下のとおり大気汚染シミュレーションモデルを研究しているが、大気汚染対策の検討には活用していない。

- ・ 天気予報のため、全国の気象に関する数値予報モデルを毎日動かしている。
- ・ 大気環境及び排出源のモニタリングについては、IRIMO の経験はまだ浅い。
- ・ 数値モデルによる大気汚染予報は発信できていない。IRIMO が AQCC に対して排出インベントリの提供を依頼している段階である。
- ・ 風速予報などのデータを参考とし、専門家判断による大気汚染予報を発信している。山谷風¹²により、日中に高濃度になると予報している（山谷風があれば大気の流れが生じて高濃度が薄められること、テヘランの PM の時刻別年平均値は夜間に高濃度であることから、IRIMO のこの考え方には議論の余地がある）。

¹² 気圧配置に起因する風が弱いときに、昼は谷から山へ、夜は山から谷へと風向が変化する風。

2-5-2 課 題

AQCC による大気汚染対策におけるシミュレーションモデルの活用の課題・問題点は以下のとおりである。

(1) 排出インベントリの精度

AQCC が 2015 年に作成した 2013 年度分の排出インベントリは、AQCC が初めて作成した排出インベントリであり、その精度は未知数である。化学輸送モデルと実際の測定値の相関が悪い場合、その原因としては、化学輸送モデル、化学輸送モデルの濃度予測地点と実際の測定局の位置の違い等が想定され、特定は難しいが、排出インベントリの精度が原因のひとつである可能性がある。

(2) PM2.5 の予測

PM2.5 については二次生成等を考慮する必要があるため、PM2.5 のシミュレーションモデルは世界的に発展途上にあり、技術的に確立したとはいえない状況にある。

(3) 対策案の評価手法

日本では、大気環境基準は、工業専用地域、車道、その他一般公衆が通常生活していない地域や場所には適用しないと定められている。そのため大気汚染対策案は、一般公衆が通常生活している地域・場所について評価を行う。しかしテヘランではそのような評価手法は定まっていない。

2-5-3 協力量針（案）

大気汚染対策の効果を定量的に評価し、最適な対策を選定するにあたっては、排ガス測定、排出インベントリ、シミュレーションモデルの技術を組み合わせることが重要である。AQCC による大気汚染対策におけるシミュレーションモデルの活用における協力上の留意点は以下のとおりである。

(1) 排出インベントリの精度確認のため、まずは、2 次生成などを考慮する必要がない汚染物質にてシミュレーションモデルを利用する。インベントリの精度を確認し、成果 1 のインベントリ改善活動にフィードバックする。

(2) 上述のとおり PM2.5 のモデルは世界的にも発展途上にあり、技術的に確立したとはいえない状況であることから、本協力での実施についても試行（trial）の位置づけとして整理した。

(3) 対策案の評価については、イラン側からの要望を踏まえ、曝露量の考え方をを用いる。そのためには人口分布データが必要である。AQCC では把握していなかったが、JICA の技術協力プロジェクト「テヘラン地震災害軽減プロジェクト」の C/P が 2015 年 8 月に確認した情報によれば、2011 年人口センサスのデータが地理情報システム（GIS）データとして利用可能となっており、次回 2016 年人口センサスも早期に利用可能となる見込みである。

第3章 技術協力プロジェクトの構想

3-1 プロジェクト・デザイン

本事業では、テヘラン市を対象として、従来型及び新たに取り組むべき有害大気汚染物質に対する AQCC 及び DOE-TPD の大気汚染対策の対処能力の向上を図ることで、テヘラン市民の健康保全と大気環境管理関連政策の展開に向けたより効果的な大気汚染対策の立案・実施に資することをめざすこととする。具体的なプロジェクト・デザインは以下のとおり。

3-1-1 上位目標と指標

改善された大気環境関連データや情報に基づき、テヘラン市においてより効果的な大気汚染対策が立案・実施される。

【指標】

AQCC が本プロジェクトで強化されたキャパシティを用いて開発した大気汚染軽減策が、自治体あるいは国の計画に採用される。

3-1-2 プロジェクト目標と指標

テヘラン市民の健康保全と大気環境管理関連政策の展開に向けて、従来型及び新たに取り組むべき大気汚染物質に対する AQCC 及び DOE-TPD の大気汚染対策の対処能力が向上する。

【指標】

- 1 : AQCC 及び／あるいは DOE-TPD が従来型大気汚染物質に関する軽減策を上位機関に提出する。
- 2 : AQCC 及び／あるいは DOE-TPD が、取り組みが必要とされる有害物質の大気汚染物質に関するモニタリング報告を作成する。

3-1-3 成果

- 1 : 排ガス実測、活動量調査、排出インベントリ更新に基づき、移動・固定発生源における PM などの大気汚染物質排出量解析能力が強化される。
- 2 : PM に代表される従来型の大気汚染物質に加え、取り組みが必要とされる有害大気汚染物質を含む大気環境モニタリング能力が強化される。
- 3 : 一次粒子と二次生成粒子の PM を含んだレセプターモデルを基盤とし、PM の汚染構造の評価能力が強化される。
- 4 : シミュレーションモデルを用いて大気汚染対策における戦略及び具体的排出削減策を構築・評価する能力が強化される。

3-1-4 活動

本プロジェクトは詳細活動項目数が極めて多いため、ここではそれら項目をグループごとにまとめた階層の活動を示す。すべての詳細活動項目については PDM の英文を参照のこと。

- 1-1. 自動車排出ガスを測定し、排出係数を更新する。
- 1-2. 自動車の排出インベントリを更新する。
- 1-3. 煙道排ガス現行測定手法の評価、オンライン排ガス監視システムの改善、排出係数の更新を行う。
- 1-4. 固定発生源に対する試行的悉皆調査を行い、排出インベントリを更新する。
- 1-5. VOC 発生源で VOC 測定を行う。

- 2-1. PM_{2.5} 及び PM₁₀ の測定を FRM（連邦標準法）と比較することにより QA/QC を強化し、大気環境測定局のデータの信頼性を改善する。VOC のモニタリングを再開する。大気環境モニタリングデータの統計解析を促進する。
- 2-2. 大気環境モニタリングデータ（PM_{2.5}・PM₁₀・NO₂・SO₂・VOC）を市民に対する注意報の発令等に利用する。
- 2-3. ベンゼン及び VOC の多成分分析に係る優先有害物質の試行的モニタリングが実施される。
- 2-4. ベンゾ [a] ピレンに代表される PAH（多環芳香族炭化水素）に係る優先有害大気汚染物質の試行的モニタリングが実施される。

- 3-1. 発生源寄与解析（CMB かつ／又は PMF 法）により、主要発生源カテゴリ別の PM_{2.5} 及び PM₁₀ の大気環境中濃度への寄与度を推定する。
- 3-2. 二次生成を考慮した PM_{2.5}・PM₁₀ の汚染構造の解明を技術的に可能な範囲で行う。

- 4-1. 大気環境シミュレーションモデルにより、テヘラン市の PM_{2.5}、PM₁₀、NO_x、O₃、SO₂ 濃度分布を示す。
- 4-2. テヘラン市民の PM_{2.5} 及び／あるいは PM₁₀ に対する曝露量評価を行う。
- 4-3. PM 大気汚染対策の大気環境への影響を評価する。

3-2 実施体制

3-2-1 先方実施体制

(1) C/P 機関：AQCC

協力機関（上記 C/P 機関とともに C/P-WG を形成する）：DOE-TPD、シャリフ工科大学、テヘラン市役所交通運輸局（Deputy of Traffic and Transportation of Tehran Municipality）

3-2-2 日本側実施体制

(1) 短期専門家派遣

総括、副総括、自動車排出ガス測定、工業排出ガス測定、VOC 排出測定、排出インベントリ、従来型大気汚染物質の大気環境モニタリング、大気環境測定機材リハビリ、大気環境モニタリングデータ統計解析、重点有害物質の大気環境モニタリング、大気環境及び排出監視関連情報通信システム、PM 成分分析、発生源寄与解析、汚染構造評価、大気環境シミュレーションモデル、大気汚染低減案作成、大気汚染低減案評価

3-3 主要な機材及び分析委託費

(1) 本協力で活用可能なイラン側関係機関の既存機材

10 µg 精密天秤、既存測定局、既存 PM サンプラー、VOC 採取用シャーシダイナモメータ及び希釈トンネル、各種データ（交通量・車両台数・工場など）

(2) 新たに供与が必要となる機材

車載型排ガス測定計、VOC 測定計、煙道排ガス中 PM 採取用資機材、基準流量計、自動測定局関連資機材、VOC 捕集管サンプリング用小型サンプラー、ハイボリウムエアサンプラー、PM デュアルサンプラー、1 µg 精密天秤及びチャンバー、通信・ソフトウェア関連機材

(3) 国内分析委託費

車排ガス中 VOC 成分分析、VOC 多成分分析、ベンゾ [a] ピレン分析、PM 発生源サンプル化学分析

3-4 技術協力プロジェクトの基本的な方向性

(1) 自律的な大気環境管理サイクル形成への支援

大気汚染対策が自律的に実施されて適切な大気環境管理が行われるためには、先進国、途上国を問わず経験則として次の 4 つのステップから成るサイクルが形成されることが必要である。

- 1) 大気環境・汚染源の分析、対策効果の評価
- 2) 大気汚染対策・戦略・政策の検討／意思決定
- 3) 大気汚染対策の検討・計画立案・審査
- 4) 大気汚染対策の実施

対象都市において、環境行政機関、自治体をはじめとした関連公的機関、民間事業者、関連技術者や有識者、市民が連携協力しながら自律的にこのサイクルを推進することで、合理的かつ具体的な大気汚染対策が進展し大気汚染物質の排出削減、さらに、大気環境の改善が実現する。こうして、大気環境管理における、いわゆる PDCA（Plan, Do, Check, Action）のサイクルを実践することができる。本協力はこうした、テヘラン市における自律的な大気環境管理サイクルを中長期的に形成することを支援するものとする。この基本的な概念（付属資料 3.「調査団概要説明資料」参照）については、AQCC 協議に加えて、MPO 並びに DOE 国際協力局との協議においても先方の理解が得られた。

本技プロの協カスコープは、AQCC や DOE-TPD の所掌範囲に基づき、「①大気環境・汚染源の分析、対策効果の評価」及び「③大気汚染対策の検討・計画立案・審査」の領域の能力強化を主体としている。加えて、AQCC が、「②大気汚染対策・戦略・政策の検討／意思決定」及び「④大気汚染対策の実施」の領域への貢献度を高めるための能力強化を行う方針である。これにしたがい、プロジェクト目的、上位目標、成果、活動項目を検討し、協議・合意内容を M/M、PDM などにまとめている。将来的には、本技プロや関連 JICA 協力が AQCC に加えて、国レベル、テヘラン市レベルの関連機関を巻き込みながら、「②大気汚染対策・戦略・政策の検討／意思決定」「④大気汚染対策の実施」へのより強力な支援を行うことで、

テヘラン市における大気汚染対策を更に加速することが期待される。この領域への本技プロによる関与のあり方は、技プロ実施の過程で関連情報や知見を蓄積し、さらに先方との信頼関係を深めたうえで、適宜、追加的な検討を行うことが望まれる。

（２）対処能力強化（Capacity Development：CD）支援のアプローチ

テヘラン市における大気汚染対策分野では、大気環境モニタリングや排ガス測定などの一連の技術的な業務は、AQCC や DOE によるコントラクターや大学へのアウトソーシングによって実施されている。こうした体制で、対処能力強化（CD）支援を行う場合は、C/P 側機関の人材育成やコントラクターを対象とした技術研修を適宜行うことに加えて、QA/QC の枠組み構築及び、技術マニュアル、SOP（標準作業手順書）、契約仕様書などの組織内・組織間で活用できる「ソフト」づくりが必要となる。本技プロでは、こうしたソフトづくりを技術的に支援し、かつ先方の関連機関で実際に試用して現場の状況を反映させながら改善し、公式化するプロセスを進めることで、C/P 及び C/P-WG 機関の CD を行うことができる。

こうした支援を行うためには、現場の状況を活動実施段階でフィードバックしながら、きめ細かなプロジェクトの進捗管理を行う必要がある。そのためには、「モンゴル国ウランバートル市大気汚染対策能力強化プロジェクト」において PDM や PO を補完する進捗管理のツールとして、考案・活用されている「自立発展性マトリックス（Sustainable Capacity Development Matrix：SCDM）」を本技プロにも適用することが考えられる。これは、技術移転の対象となる C/P-WG メンバーがプロジェクト成果達成にどのように貢献し、その過程で、どのように能力強化が実現したのか目に見えるかたちにすることで、プロジェクトの運営管理及び節々でのキャパシティアセスメントを時系列で行うものである。

（３）基本技術項目と先端的技術項目・先方の優先度

2015 年 5 ～ 6 月に実施した基礎情報収集・確認調査では、案件要請書に基づき AQCC 総裁と意見交換を行い、先方の要望を確認し、要請内容を上位目標、プロジェクト目標、及び 10 項目の「アウトプット」に整理した。今回調査の協議においては、プロジェクト目標、上位目標は維持することに合意し、10 項目の「アウトプット」を以下の 4 項目の成果に再構成した。

成果 1：固定・移動発生源の排ガス測定、活動調査、及びインベントリ改善

成果 2：従来型及び新たな重点汚染物質の大気環境モニタリング強化

成果 3：レセプターモデル（観測点に基づく解析方法）による PM 発生源寄与割合の推定

成果 4：シミュレーションモデリングを活用した大気汚染低減策の効果評価

これらの成果を達成するための活動項目と成果指標、投入案に関して、先方と協議を行い合意することができた。

これらの成果及び活動項目のなかには、自動車排ガス測定、移動、固定発生源の排出インベントリ構築（成果 1）、大気環境測定局の運転管理の改善（成果 2）等の基本的な技術項目に加えて、PM の成分分析や発生源寄与解析、PM の 2 次粒子をも含めた汚染構造の解明（成果 3）やシミュレーションなどによる住民の暴露や大気汚染対策の評価（成果 4）などの、

わが国においても先端的な技術項目が含まれている。

効果的な技術移転及び対処能力強化を行うために、プロジェクト前半で基本的技術項目分野での投入を行い、基礎的な先方の能力強化を行うとともに、信頼性の高い大気環境モニタリングや排ガス測定、排出インベントリのデータを蓄積し、プロジェクト後半で、先端的技术項目へ投入をシフトさせるかたちを想定する（付属資料3.「調査団概要説明資料」を参照）。

一方、AQCC 総裁の優先度として、健康被害に直結する大気汚染への住民の暴露の評価に重点を置きたいとの見解が表明され、成果ごとの優先順位としては、成果1（排ガス・インベントリ）→成果4（大気汚染低減策の効果評価）→成果3（PM 発生源寄与解析）→成果2（大気環境モニタリング）が示された。

本技プロの4つの成果案の順番は、技術的な観点から必要とされる活動のシーケンス及び検討プロセスを反映させたものである。先方の優先度はこれと一致しないものの、投入の質と量の検討にあたって考慮すべきものと思われる。

したがってプロジェクト実施に際しては、先端的技术項目についても関連の研修や有識者による知見の交換など、予備的な活動を実施し、適宜なるべく早い段階から段階的に事業成果を発信し、本技プロのプレゼンスを高めるとともに、先方の大気汚染対策検討に活用される工夫が必要である。

（4）PM2.5 及び PM10 大気汚染への住民の暴露検討への先方の重点

上記の成果ごとの AQCC 総裁の優先度に関連して、今回調査では、PM2.5 及び PM10 大気汚染への住民の暴露検討が最優先事項であることが明示された。前回調査においては、AQCC 総裁は、JICA 協力にて、テヘラン市民の PM2.5 及び PM10 の大気汚染による健康被害を評価することを強く要望した。これに対し調査団側は、大気汚染による健康被害の評価に関しては日本では専門家が少なく、JICA 協力で行うことは難しいことを説明し、理解を得た。一方、大気汚染による健康被害の評価にあたり、住民の暴露を評価することが必須のステップであるが、そこまでは本協力で対応が可能であると説明した経緯がある。

これを踏まえて、今回の技プロの活動内容として、PM2.5 及び PM10 大気汚染による住民の集団暴露量を大気汚染シミュレーションによって推計し、それに基づく、大気汚染対策の評価方法を構築することを提案した。この住民の集団暴露量推計に基づく大気汚染対策の評価方法は、ある特定の大気汚染対策を実施した際に見込まれる PM10 及び PM 2.5 の排出削減量を推計して排出インベントリに反映させ、次に、大気環境中濃度の低減効果を大気汚染シミュレーションにより求め、これに人口分布と密度を加味して、住民の集団暴露量の減少を求めるものである。この集団暴露量の減少効果と当該対策実施に要する対策費用を比較することで、住民の集団暴露量改善のための費用対効果が評価できる。この方法論は、通常のコスト便益分析（cost benefit analysis）がめざす健康被害回避の経済便益を求めるものではないが、住民の集団暴露量は健康便益に直結した変数であるので、健康便益に基づく費用便益法と同等の判断が可能な簡便法として活用できる。AQCC 総裁は、住民の集団暴露量の把握には大きな重点を置いていることから、こうした評価を行うことは重要であり、その結果を方法論の開発とともに発信することが望まれる。

(5) 相互学習の場（プラットフォーム）の設置

イラン国及びテヘラン市の大気環境管理分野の状況は、過去2回のJICA開発調査から10年以上を経過し、当国が経済制裁下であることに加えて言語の問題も重なり、日本側の関連専門家や学識経験者にはあまり理解されていない。一方、AQCCやDOE-TPDなどの先方関係機関の職員は、関連知識や資質は高いとみられるものの、行政機関として大気汚染対策に取り組んだ経験は浅い。また、学術的に最先端なものを指向する傾向が強く、大気環境行政として限られた資源投入で最適の努力を行うという意識は乏しい。したがって、本技プロが先方の対処能力強化に効果的に貢献するためには、その基盤として、双方の関連専門家や学識経験者が相互学習を行い、相互理解を深めることが重要である。前回調査においてAQCC総裁は、現地におけるセミナーやワークショップの開催を強く要望している。本技プロ実施においては、国別特設研修、本邦研修、現地ワークショップ、セミナー、及び既存の課題別研修事業を体系的に実施することが望まれる。

(6) 日本国内の有識者の知見活用

今回の詳細計画策定調査の実施に先立ち、2015年現在大気環境学会の会長でもある愛媛大学の若松伸司教授、環境省国立環境研究所の小林伸治氏ら有識者からのヒアリングを実施し、調査団員へのさまざまなアドバイスをいただいた。これは国内準備作業及び現地調査において協力方針やプロジェクト・デザインを検討するうえで非常に有益であった。今後也有識者の知見を活用し、節目節目で助言を得るとともに、上述の相互学習プラットフォームにおける研修活動や現地でのセミナー・ワークショップにも協力を得ることで、よりインパクトの大きな技術協力とすることが望ましい。

(7) リスク要因への対処

本技プロ実施に際して想定される主なリスクとしては、テヘラン市の大気環境管理に関する先方の体制の変化、人事異動、現行の欧米による経済制裁の継続・解除のタイミング、情報開示規制による必要な関連情報の入手の難しさ、などが挙げられる。これらリスク要因による影響を軽減するために、以下の工夫を行い、今回協議のM/M、プロジェクトPDM、PO案、及びR/D案に盛り込んでいる。

1) カウンターパート・ワーキンググループ（C/P-WG）の設置

C/P-WGを設置し、技術移転の対象をAQCCのみならず、DOE-TPDをはじめとする関連機関を含める。また、C/P-WGを通じて、AQCCが関連機関との協働作業を行うことで、情報の収集・共有促進や組織間連携強化にもつながることが期待できる。プロジェクト実施過程において、テヘラン市の大気環境管理に関する先方の体制に大きな変化がある場合は、C/P-WGの構成メンバーを柔軟に修正することで、事業に対する影響を軽減することとする。

2) 経済制裁の影響を考慮した活動項目の設定

本技プロの活動や機材供与は、欧米主要国による経済制裁が近い将来に解除されることを前提としている。経済制裁が継続する場合は、機材の調達コストが大幅に上昇する、一部機材の供与が不可能になるなどのリスクが危惧される。本技プロの1年目の実施をより確実なものとするために、事業開始1年後までに経済制裁が解除されるという前提の下、

1年目は調達機材に頼ることなく実施できる活動を計画した。

3) プロジェクト期間の設定

プロジェクト期間を当初要請の3年から4年に拡大することで、制裁解除の遅れなどに起因する機材調達の遅れを吸収できる可能性を織り込んだ。

4) 制裁解除のタイミングに応じたプロジェクト活動の見直し

最悪のシナリオとして、経済制裁の影響がプロジェクト開始1年目以降も続く場合は、以上の工夫にもかかわらず、特定の機材の投入が困難となり、関連する活動が実施できなくなるおそれも生じる。その場合はやむをえない対処としてプロジェクトの活動項目を見直すことを、M/M及びR/D案に明記し、先方の合意を得た。

5) 関連情報の入手の難しさへの対処

前回調査では質問票の回答入手にあたり、各組織に配置された情報セキュリティ部門の許可を得るため、長期の時間を要することが障害となり、回収までに約5カ月を要した。こうした状況が技プロ実施の過程で多発すると活動実施に大きな支障となる。今回協議においては、M/M及びR/D案に、情報提供と開示を促進するための文言を先方も受け入れ可能な範囲で盛り込み、先方の合意を得た。しかしながら、イランの厳しい情報管理が国家安全保障の一環であるとすれば、その変更を要求するよりも、技プロ実施の過程で各技術分野における信頼関係を醸成することで、C/Pと共に日本人専門家が必要情報へのアクセスを得るかたちが現実的である。

(8) 成果の随時発信と可視化

AQCC 副総裁からは、協力期間を4年とすることで成果の発現のタイミングが遅くなる可能性につき懸念が示された。先方の実施経験のある開発調査スキームの場合は成果品が事業終盤に提出される場合が多いため、憂慮したものと推察される。

よって本技プロにおいては節々のタイミングで、技術的成果を先方が活用できる形で開示・発信していくことに留意する。その際、イラン側の技術者や専門家のみならず施政者や一般市民にもわかりやすいかたちで成果を発信する工夫が重要である。

(9) 本協力外での機材供与の可能性

今回調査の時点では、AQCCによる大気環境管理分野の無償資金協力案件（排ガス測定及び分析関連の機材供与）の要請や採択の見通しが定かでない状況であった。したがって、本技プロの活動内容は無償資金協力による機材供与の実施を前提とすることなく、現地にある機材の活用と日本国内での分析委託を用いて完結するかたちとした。

しかしながら無償資金協力が実施されることとなった場合には、対象機材の検討、及び本技プロの活動内容や供与機材を変更する必要性が生じる可能性に留意する。この点については、次節3-5「事業実施上の留意点」で述べる。

(10) 大気汚染対策の形成・実施のための意思決定メカニズム

テヘラン市での大気汚染対策の形成と実施のための先方の意思決定メカニズムを的確に把握することは、本技プロによる対策評価への支援、将来的な対策実施に関わる資金協力や日本の民間企業との連携のシナリオを検討するうえで重要である。

大気汚染対策においては、大気環境モニタリング、排ガス測定、交通管理などのテヘラン市レベルの努力に加えて、燃料改善や車両対策等では石油省や産業省などの国レベルの関与が必須となる。収集資料によれば、閣議決定によりテヘランの大気汚染対策の実施が決定され、DOE、石油省、産業省をはじめとした関連の国レベル機関の役割分担が規定されている。また AQCC 総裁は各種委員会で関係省庁に働きかけることにより、低硫黄化ディーゼル燃料のテヘラン市での供給をはじめとするさまざまな対策を実現している。

一方で、今回調査における DOE 表敬時の意見交換において、国際協力担当局長からは、DOE をはじめとする省庁が政府機関（government）であるのに対し、以前は市長が閣僚級の地位を有していたテヘラン市やその下部組織である AQCC は現在、政府機関とはみなされず公共機関（public sector）にすぎないため、大気汚染対策を展開する際には国レベルの政府機関の関与が欠かせないとの指摘がなされた。

したがって技プロの実施過程では、国レベルでの大気汚染対策の形成と実施に関する意思決定メカニズムを理解し、AQCC がどのような経路でそれに影響を及ぼすことができるのかを的確に把握する必要がある。そのためには DOE-TPD に加えて DOE との関係を維持することも重要である。DOE 本省には現在 JICA の環境行政アドバイザー専門家を派遣中であり、こうしたパイプを活用しつつ、DOE に対し AQCC とともに進捗報告及び情報共有を密に行うこととする。

3-5 事業実施上の留意点

3-5-1 本体事業における課題・制約

（1）機材供与のタイミング

本プロジェクトのように相当数の研究的活動とそれを実施するための多くの供与機材を含むプロジェクトでは、現地での活動を始めて 6 カ月から 1 年前後で供与機材が届き、供与する機材が揃ってから、機材を必要とする主な活動を始めるのが理想的である。今回調査では、プロジェクト開始後 1 年以内に経済制裁が解除され、機材の調達手続きと通関に更に 1 年を要すると見込んで詳細計画策定を行った。比較的余裕をもった想定ではあるが、初めの 2 年間は供与機材なしでの活動を想定し、各活動分野でどんな活動ができるかの計画を立てておく必要がある。

他方、国際関係、核開発問題とイラン政府による合意事項の履行の度合い、イラン自身の宗教勢力と政治機構のバランス、さらにイランが不安定で紛争を抱えた国々に囲まれていることを考えると、経済制裁の解除の時期を予想することは極めて難しい。また、米国大統領選の結果も影響する可能性がある。経済制裁の解除が予定した時期よりも遅くなった場合に、主な活動が実施できなくなるリスクは、慎重に考慮されるべきである。

（2）経済制裁による送金への影響

経済制裁により、日本からイランへの送金、イランから国外への送金、世界各国からイランへの機材輸出のいずれもが困難となっている。また JICA 在外事務所へ送金可能な資金額にも制約がある。在イラン代理店に発注した場合、イラン国外の製造業者に直接送金ができないため、ドバイなどの関係会社から製造業者へ支払われ、ドバイなどへ機材が配送され、ドバイからイランへ転送しなければならないことが少なくない。日本及び欧米諸

国の対イラン関連法規は経済制裁解除後に順次改訂される見込みであることから、経済制裁解除後も当面はこの制限が継続する。

（３）経済制裁による機材調達への影響

日本からイランへの輸出は、外国為替及び外国貿易法やその政令などに基づき、安全保障貿易管理に従う必要がある。米国製品であるかどうかを問わず、リスト規制及びキャッチオール規制の該非判定を行い、該当製品の場合は輸出許可を得なければならない。

上述のとおり、JICA イラン事務所が決済可能な経費年額には上限がある。また、本プロジェクトの委託が想定されるコンサルタント企業などのうちイランでの法人登録を行っている社は皆無に近い。イランの関税制度上、現地に法人登録のないコンサルタント企業が機材を調達した場合には免税措置を受けることができない。また、通関に要する時間は「テヘラン市地震災害軽減プロジェクト」の例では最短で２週間、最長で３年という事例がある。以上から、通関・免税措置が必要な機材は JICA 調達を原則とする必要がある。

PM2.5・PM10 汚染構造の解明では、PM サンプラー、精密天秤、秤量のためのチャンバーの調達が必要となる。これらは、経済制裁が解除されたのちに調達することとし、経済制裁の解除までは AQCC 調査による PM 組成結果の解析と技プロでの PM 組成調査のサンプリング計画の検討を行うことで空白期間を回避できると考えられる。

３－５－２ 関係機関の協力インセンティブの確保

C/P 及び C/P-WG には、AQCC のほかに DOE-TPD、シャリフ工科大学及び同燃料燃焼排気研究センターから専門家がノミネートされている。DOE-TPD 及びシャリフ工科大学のモチベーションを高め、維持するためには、トレーニングの提供、成果物の共有はもちろんであるが、供与機材の一部の供与、DPE-TPD の場合にはオーバーホールや修理の対象となる測定局に彼らの管理下の局を含めるなどの工夫が必要と考えられる。

具体的なリハビリ対象 6 局の選定、DOE-TPD 所管の測定局への投入に関する議論は、プロジェクト実施の過程で行うこととしている。DOE-TPD からの要望によっては、AQCC との調整で紛糾し、プロジェクト側の投入量に相当程度の影響がでるおそれもある。プロジェクト開始または適切なタイミングで、なるべく具体的な案を先方と協議のうえ策定し、合同調整委員会（JCC）で決定してもらうことが重要となる。

３－５－３ 技術移転対象人材の確保

AQCC から C/P リスト（案）が提示され、C/P のアサインはほぼ確実になったとはいえ、大気環境モニタリング業務に関する技術移転を継続的に自立発展させていくには、AQCC の課長級以上の幹部とシャリフ工科大学の学者が中心となる C/P だけでは心もとない。

プロジェクトで実施する予定の技術移転は、①イランの分類ではいわゆるテクニシャンが担当するような熟練工の技術に近い業務、②非常に高度な科学的知見と経験が必要な解析や考察が必要な業務、の２種類とも対象としている。先進国、少なくとも日本では、環境エンジニア、コンサルタントはこの両方の能力を身に付ける場合が多いが、イランも含めて途上国では①の業務は大卒や大学院卒のエンジニアには敬遠される場合が多い。①を含めてできるだけ多くの人々に技術移転ができるよう工夫や配慮が必要である。

3-5-4 関係機関間の協力体制

AQCC は、大気環境測定の大報、インベントリの構築、市への対策提起等を継続してきた。大気環境測定データの広報については、DOE-TPD が測定結果を AQCC のシステムを通じて一般に公開するなど、DOE-TPD との協働体制を強めている。インベントリについては、テヘラン市コンピュータサービス機構 (TMCSO)、テヘラン GIS センター (TGIS)、テヘラン市災害管理・軽減機構 (TDMMO)、FCE などとの協働体制を構築し、今後、DOE-TPD が保有する排出ガス測定データなどの活用のための協働体制も構築する必要がある。

3-5-5 PM 成分分析における技術移転の方針

イラン側には、PM の成分分析、イオン分析までを行う機材や経験があるものの、炭素分析を行う機材が存在しないことから、PM 成分分析は日本で行い、評価は日本人専門家が主体となって行う方針としている。C/P-WG メンバーとしてシャリフ工科大学 Dr. Arhami が当分野のイラン側担当者に抜擢されていることから、先方の関連分野の潜在的能力は高いものと想定される。無償資金協力機材供与案件に PM 成分分析を行う一連の必要機材が含まれていることから、無償案件が実施される場合には、現地における PM 成分分析を実施する機材環境が整うこととなる。こうした場合、本技プロ活動内容を見直すことも可能性として想定される。その場合、日本の環境ラボにおける PM 成分分析の委託費を削減することが可能である。

3-5-6 VOC の多成分分析及び PAH モニタリングにおける技術移転の方針

大気環境及び自動車排ガスの VOC の多成分分析に関しても、現在、捕集管によるサンプリングを現地で行い、日本に持ち帰り分析を委託するかたちをとっており、この分析委託費が相当の金額を占める見込みである。無償機材供与機材に、VOC の多成分分析を行える機材一式を追加することにより、現地での分析が可能となることも想定される。その際、サンプリングと分析法及び機材のオプションを検討し、テヘランにおいてより最適な機材の組み合わせを見出す必要がある。同時に、本技プロ活動内容を見直すことも必要となる。

PAH モニタリングに関しては、分析には高度な技術と装置が必要とされるため、本邦で実施することとしているが、無償機材供与機材に PAH 分析を目的としたガスクロマトグラフィタンドム質量分析計 (GC/MS/MS) が含まれているため、将来的には、現地での分析指導を行う必要性も生じる。

3-5-7 大統領選挙及びテヘラン市長選挙の影響

公式には 2 年後の 2017 年に大統領選挙、テヘラン市長選挙が予定されており、省庁幹部及び市役所幹部の大幅な異動が想定される。他方、市長は 31 名から成る市の評議会議員によって選ばれ、2015 年末に市民による評議会議員の選挙があることから、2016 年 5～6 月には市長が交代するとの情報もある。市長の交代は、市役所下の組織のトップに及ぶことがあり、現テヘラン市長と深いつながりのある現職の AQCC 総裁が交代すると、技プロに影響する可能性が考えられる。実際に 2007 年の政権交代時には、DOE 大臣と AQCC 長官が新しくアサインされ、人材の一部が流出したとの情報がある。

3-6 積み残し課題と対処策

本技プロ実施に際し、重要であるが今回調査の協議の対象としなかった課題として、次のものがある。

(1) 大気環境測定局のリハビリ及び新設における AQCC と DOE-TPD の役割分担

(2) 無償資金協力案件との関係：「PM 成分分析における技術移転の方針」及び「VOC の多成分分析及び PAH モニタリングにおける技術移転の方針」の項参照。

(3) 活動実施に必要な経費の規模に対する予算上の制約

これらの点については技プロの実施過程で必要に応じ R/D の改定を行い、活動内容を見直すことも検討する。無償資金協力案件の正式要請が提出された場合、機材内容の検討に際しては技プロで活用できるものに高い優先度を与え、必要に応じて機材内容の追加や削除等の変更を提案することも想定される。

予算上の制約の可能性については、AQCC 側から成果項目の優先度（1（排ガス測定・インベントリ）→4（大気汚染低減策の効果評価）→3（PM 発生源寄与解析）→2（大気環境モニタリング））が示されている。しかし成果4のシミュレーションモデル活用結果の一部を成果1にフィードバックする、成果2で精度を確認した測定局のデータを成果4で使用するなど、一部の活動は他の活動に影響するプロジェクト・デザインとなっている。そのため、JICA の予算制約に応じて先方機関側の優先度の低い成果に関する活動や機材の見直しを行う場合でも、その成果に関する活動をすべて削除するのではなく、残る成果や活動に必要な活動は残すよう検討する必要がある。

第4章 調査団所感

4-1 総括所感

(1) 本技術協力プロジェクト案件形成への JICA 課題別研修事業の貢献

本技プロは 2014 年度のイラン国テヘラン市 AQCC からの要請に基づくものである。この要請は、2013 年度 JICA 東京における「大気環境管理に向けたキャパシティビルディング研修コース」の一環として、AQCC からの研修員が当方の指導の下で作成したアクションプランがベースとなっている。また、JICA 関西において実施された「都市における自動車公害対策コース」への AQCC 参加者が、前回及び今回調査の AQCC 側の窓口及び調整役となつて、調査団及び JICA イラン事務所に対し、極めて効果的に協力していただいた。こうした背景のため、先方のオーナーシップと日本の技術に対する理解は強固なものとなり、前回の JICA 協力から 10 余年を経て、かつ、イランという協力にあたり難度の高い国であるにもかかわらず、技術的に多様で複雑な本技プロ案件の協議を迅速に進めることができた。これは、JICA 課題別研修事業が案件形成にあたり重要な役割を果たした事例といえる。

(2) 本技術協力プロジェクトの付加価値

これまでの調査で、大気汚染対策関連分野では既にイラン側でさまざまな努力が進行中であり、制度もある程度整っており、人材のレベルも高いことが明らかとなった。しかしながら、組織単位の情報統制やセクショナリズムのため関連データや情報が関連機関に散在しており、効果的な大気汚染対策の戦略や具体的対策形成の阻害要因となっている。加えて、経済制裁による大気環境測定、排ガス測定、関連環境ラボ分析作業における機材や消耗品の入手困難性などがデータや作業全体の信頼性を損ねており、これらが複合的に影響して、イランの大気汚染対策に関する合理的な判断を難しくしている。

したがって、本協力の付加価値は、個々の分野の技術移転を行い、関連データや作業の信頼性を高めるとともに、イランに散在する情報や関連機関の能力を統合的に活用することで、同国による大気汚染対策への効果的な取り組みを可能とすることである。

(3) 対策実施の促進

テヘラン市の大気汚染は、大気汚染問題及び対策実施の発展段階としては先進国に近いレベルである。すなわち、関連する大気環境基準や排出基準、移動発生源、固定発生源の管理体制など制度上は既に進んでおり、大気環境モニタリング、排ガス測定、関連調査能力も相当程度蓄積している。中期的な観点からは、本技プロの実施を契機として効果的な大気汚染対策が促進されることが、次のステップとして想定できる。

通常、自動車排ガス対策を中心とする大気汚染対策においては、決め手は燃料改善と車両対策による大気汚染物質排出量原単位の削減、並びに、公共交通整備や各種の自動車交通需要抑制策（デマンドコントロール）と交通管理の改善により、自動車両台数や交通量の削減を行うことである。このような大気汚染対策の形成と実施においては、テヘラン市レベルの関連部局に加えて、国レベルの関連省庁（環境省、石油省などの燃料所管省庁、産業省等）が協調・連携を行うこと、各分野で適正な技術が導入されること、燃料改善、車両転換事業、公共交通整備、関連インフラ等に相当規模の投資事業が行われることが必要となる。

類似の事例として、メキシコ市大気汚染対策（1990 年代）への、JICA、世銀をはじめとする一連の国際協力を活用した、メキシコ市による取り組みが参考となる。当時、メキシコ市への協力を端緒として、次第に関連州政府、環境省、石油公社等を巻き込むことで、世銀の車両対策への融資（約 3 億米ドル）、加えて、世銀と日本輸出入銀行（当時）及び海外経済協力基金（Overseas Economic Cooperation Fund : OECF）（当時）の協調融資による燃料脱硫プラントやガソリン添加剤精製プラントへの融資が実現し、メキシコ政府の対策プログラム（約 20 億米ドル）を支援し、その後のメキシコ市の大気汚染の改善に大きな貢献を果たした。

当時のメキシコ側担当者によれば、一連の成功を支えたものは、メキシコ市による JICA や世銀等の技術支援を活用した排出インベントリの構築であり、これによりメキシコ側が対策案の評価や形成を自律的に行うことができたとのことである。また、当時のメキシコ市庁は連邦政府直轄の機関であり、環境分野においても環境省と同等またはより大きな発言力があり、対策実施に必要な国レベルの関連省庁との連携も行うことができた。

本件は、テヘラン市庁の AQCC に排ガス測定や大気環境測定等を通じて、“evidence based”の排出インベントリや大気環境シミュレーションモデルを活用した対策の評価や形成能力の強化を図るものである。したがって、メキシコ市の事例にかんがみれば、本件の次のステップとして、テヘラン市レベルの関連機関に加えて、国レベルの機関を巻き込んだ対策実施につながるかたちとなることが期待できる。こうした次のステップへの移行にあたり、経済制裁解除に伴い日本をはじめとする関連産業界のイラン国への進出が大きなモメンタムとなることも期待できる。

（４）本技プロ実施を端緒とした協力の長期的フレームの検討

こうした対策実施に向けたプロセスを促進するためには、JICA 協力のプログラム化により実施中及び今後実施される関連協力事業や投資との連携を強化し相乗効果を高めることが望まれる。また、イランに対する大気汚染対策分野の支援では、世銀や国連開発計画（UNDP）が関心を示しているものの、経済制裁が解除されない現在、その動向はまだ抑制的である。本技プロがイランの大気汚染対策分野での主導的な協力となることが見込まれ、ドナー協調などを通じてそれにふさわしいわが国のプレゼンスを確保する努力も望まれる。

４－２ 技術団員所感

４－２－１ 移動・固定発生源排ガス測定

汚染源対策の基本データとなる各発生源からの汚染物質排出量を測定する体制が、移動・固定発生源ともにテヘラン市で機能している。経済制裁条件下でも、欧米の測定法や基準に準拠した機材と手法で、測定分析体制を構築してきている。AQCC や DOE-TPD の所有機材、ラボでの作業や精度管理の様子だけみても、いわゆる途上国のレベルを超え、業務のルーチン化やシステム化が進んでいることを認めた。現状能力に満足せず、最新の文献論文を基に更に能力向上しようとしているある民間ラボの様子からも、途上国での技プロとみて、底からレベルアップするような展開を期すべきではないと感じた。基礎は既にできており、彼らに不足するのは不利な条件下で先進国に遅れをとった、あと少しの能力・質の向上ではないかと思える。

現行体制に不足する機材を補充して技術移転すれば、少なくとも移動・固定発生源の分野では、速やかに技術移転が行われる可能性が高い。

発生源解析にとって、発生源で採取した PM 試料を機器分析して得られる組成データが有用であるが、今まで組織的に組成分析されていない。そこで、移動・固定発生源ともに、一次粒子として排出される PM の採取を計画している。

移動発生源では、イラン国内にない車排ガス中 PM 採取装置の導入が必要である。一方、固定発生源では PM 採取測定を既に民間業者が行っていて、機材供与は基本的にない。

活動実施に必要な費用については、排ガス測定・インベントリ分野では移動発生源での支出が 98% を占め、うち、高額測定機購入や車両レンタル、そして車排ガス中の未燃 VOC 分析に係る経費が主である。固定発生源での経費としては、民間業者への作業委託と、インベントリ作成に係る費用のみを想定している。

4-2-2 大気環境モニタリング

当初、「何故、先進的、学術的な成果（案）ばかりで、もっと目に見える効果を期待できる①燃料の品質に関する対策（硫黄分の削減）、②交通量の制御と都市計画、③車検制度など車両への対策、④排出基準、環境基準または法制度改正の提案、⑤ DOE との協力、協働など組織制度への提言が入っていないのだろうか？」という疑問をもったが、そのほとんどが解消しつつある。

AQCC は 2 年以上前から既に独自に車両の燃料（ガソリン、軽油）をテヘラン市内のガソリンスタンドから採取し、サンプルをドイツに送って分析していた。経済制裁がらみで、「ガソリンの分析は輸入に当たるのでドイツでは分析できない」とドイツから断られると、スイスのラボに切り替えて分析し、結果を 2 つのレポート① Gasoline and Diesel Quality Impact on Light and Heavy Duty Vehicle's Pollutant Emissions（2013 年 3 月発行）と② Tehran Fuel Quality Monitoring（2015 年 7 月発行）の 2 冊に発表した。AQCC 総裁自らが副大統領、内務省、環境省、石油省、警察省に働きかけ、委員会を通じて、積極的な硫黄（S）分削減の提案をしている。その提案が石油省に受け入れられ、テヘラン市内では燃料の S 分の削減が進展し始めていることが判明した。

PM2.5 の削減に大きく貢献するディーゼル微粒子捕集フィルタ（Diesel Particulate Filter : DPF）は、燃料中に S 分が多いと容易に劣化してしまい、本来の能力を発揮できない。当時のテヘランのディーゼル燃料中の S 分は 5,000 ppm ~ 7,000 ppm も存在し、日本の 5 ppm に比較すると天と地ほどの差があったが、AQCC の強力な働きかけにより、現在は 50 ppm 程度に減少している。

交通量制御はテヘラン市翼下のテヘラン交通管理公社（TTCC）、テヘラン市運輸交通機構（TTTO）などの交通関連組織が既に進めている。自動車排ガスの排出基準は EU の過去の基準に合わせて、強化が進みつつある。

AQCC は最新の情報と信頼できる海外での分析結果を盛り込んだ科学レポートを発行し、テヘラン市幹部を通じて、また直接政府機関に働きかけて、政策を実現しつつある。やや学術的すぎる感があるプロジェクトの成果も、何をすべきかを既に把握している AQCC からの市及び政府の上層部への提言の裏づけに使われると考えられる。

担当団員がマスタープラン型の開発調査（大テヘラン圏大気汚染対策総合対策計画調査）に携わった 20 年前の当時、AQCC の副総裁（現 DOE の国際協力局次長）は「同じような提案でも、外国、日本の調査団の高名な先生（開発調査の総括は元通商産業省資源環境技術総合研究

所所長の横山長之博士）から発表すれば、政府へのインパクトがある」といわれていたのと隔世の感がある。

DOE との協調、協力関係の構築も担当団員が携わった 20 年前に比較するとかなり進んでおり、計画しているプロジェクトでは DOE-TPD は成果 1 及び成果 2 で積極的な参加を自ら申し出ている。純粋に技術力の向上、先進知識の取得を要望しており、いわゆる機材、委託費などを目的としていない。20 年前の当時は大統領府にまで足を運び、環境政策アドバイザーにまで DOE との関係の仲介を依頼したが努力にもかかわらずプロジェクト終了時まで、物別れのままだったのとは大幅に異なる。

（１）維持管理に係る予算の確保と機材の更新

AQCC 及び DOE の幹部は「大気環境モニタリング局の機材は、最小限のメンテナンスをしていれば 15 年間使える」と考えている節がある。一方、日本の環境省が発行している大気環境モニタリングマニュアルに相当する「環境大気常時監視マニュアル（第 6 版）」によれば、現在テヘランで使用されているタイプの大気モニタリング局の機材は、十分なメンテナンスを行ったうえで、7 年間で更新することが推奨されている。マニュアルには記載されていないが、複数のメーカーに問い合わせた結果、十分なメンテナンスには機材の購入予算の約 10% が毎年必要である。AQCC、DOE-TPD の大気環境モニタリング局の機材はそのほとんどが 2010 年以前に設置されたものであることから、遅くともプロジェクト実施中の 2017 年には更新の時期を迎える。

「大気環境モニタリングの測定局の運用には、十分な予算が必要で、十分なメンテナンスを行ったうえで、7 年間で更新すべきである。また、十分なメンテナンスには毎年機材の購入予算の約 10% が必要である」ことは、機会があるたびに AQCC、DOE-TPD のトップに伝えていただきたい。また、プロジェクト実施中も念頭に入れておくべきである。

（２）現状の維持管理の問題点

維持管理を担当するコントラクターの技量不足が指摘されているが、コントラクターは AQCC 及び DOE-TPD の所有する Horiba（日本及びドイツ）、Environment S.A.（仏）、Ecotech（オーストラリア）の 3 社の機材を維持管理している。担当者はイラン国内で現場での作業に関し OJT の形で Environment S.A のトレーニングを受けたのみである。コントラクターが技術的に対応できない場合にサポートすべき 3 社のイラン国内代理店の社員でさえ、ドイツでの研修は 6 日間、フランスでの研修は 1～2 週間とのことである。これでは維持管理担当のコントラクターはもちろんのこと、代理店職員でさえ、特に高度な技術と純度の高い水や窒素ガスを必要とする VOC 自動測定器を修理するのは不可能に近いと推察できる。このことは、AQCC、DOE-TPD とも VOC 自動測定器設置後 1、2 年でほとんどすべての測定器で計測ができなくなったというのもうなずける。是非、この点を技プロの活動のなかで能力強化してもらいたい。

（３）20 年前から何が改善されたのか

20 年前の開発調査実施時の 1995 年は市内中心部のある測定点（現在は測定局が移設されて同じ場所に測定局はない）の CO の年平均濃度が 10 ppm、1 時間平均値の最高値は

30 ppm であった。CO に関しては、1995 年の時点で世界一高かったといえると思う。ところが、2013 年には濃度は 1/4 のレベルに改善されている。その理由は排ガス処理未対策のうえ不完全燃焼が頻発するペイカンに代表される古い車の生産の中止に伴い、駆逐され、ある程度対策の進んだ（EURO-3 対応）プジョーをはじめとする、欧州、アジアの車に入れ替わったことが大きい。さらに環状道路の建設、信号のない自動車専用道路の建設、立体交差による渋滞の解消などが大きく寄与していると考えられる。さらに地下鉄の建設と利用の促進、BRT（バス優先レーン）の実施、パークアンドライドの実施と利用の促進など 20 年前に提案した対策が着実に実施されていることに感謝の念を禁じ得ない。

（４）JICA プロジェクトの提案から実施された対策

担当団員が携わった「大テヘラン圏大気汚染総合対策計画調査（1995～1997）」では 2010 年に向けての大気汚染対策マスタープランを提案してプロジェクトを終了した。このプロジェクトの C/P である AQCC は、今回の詳細計画策定調査の対象となる要請書「テヘラン市大気汚染管理能力強化プロジェクト」を JICA に提出した同一組織である。当時の職員は総務系の 2 人の幹部を除いて、すべて入れ替わってしまったが、18 年前の調査の最終段階で提案した対策のかんりの部分が、実施されていることを今回の調期間中に発見して、ある種の感動を覚えた。対策自身は先進国で実施されてきた一般的な対策の組み合わせであったが、それらの対策を実行に移す力が AQCC の組織、テヘラン市及び当時の C/P 個人にあった証拠である。テヘラン市が実施した対策はもちろんであるが、テヘラン市だけでは実施できない国の政策に係る対策もあったので、国に対する働きかけ、政府を動かす力があったということである（1996 年当時のテヘラン市長は、内閣のメンバーだった）。

今回、実施が確認されたものを以下にリストアップする。

1) 移動発生源対策

- a) バス優先レーン
- b) 地下鉄
- c) 自動車燃料の質の改善（低硫黄化）
- d) 車両のエンジンの改善
- e) ガソリンの無鉛化
- f) 天然ガスバス／自動車の導入
- g) パークアンドライド（自家用車と公共交通機関との乗り換え場所）
- h) 高車齢車の廃棄プログラム

2) 一般的環境管理

- i) 大気環境モニタリング局の拡充

3) 固定発生源対策

- j) 工場で使用する燃料の固体燃料、液体燃料から天然ガスへの切り替え
- k) 市中心部から郊外、他州への移転

これらの対策のほとんどが実施されることにより、車両台数は増加したにもかかわらず、CO 濃度が 1/4 に下がったと思われる。

4-2-3 発生源インベントリ・大気汚染シミュレーション・対策評価

1,000 万人都市の大気汚染対策には、登録された 400 万台の自動車対策、公共交通機関の整備、発電所・製油所等設備の更新等、大きな費用が必要となる。すべてを日本のプロジェクトで実施することは不可能に近い。

テヘラン市は、JICA の協力を受けた AQCC を活用し、交通関連部局、自動車メーカー、市民の協力を得て、1997 年の JICA 開発調査の提言、2005 年の JICA 開発調査のマネジメントアクションプラン等、おおむねすべての提案を何らかの形で実施し、大気環境中の CO 濃度をほぼ環境基準に適合させることに成功した。また、1997 年の開発調査供与機材を 2015 年現在も利用して自動車排ガス対策の検討に活用している。

さらに、テヘラン市は、2005 年から 2013 年にかけて常時監視測定局を 19 局増設し、2010 年には PM_{2.5} 測定機材を 18 組追加した。2013 年度にはディーゼル微粒子捕集フィルタ (DPF) 認証制度、排ガス規制の強化に必要な自動車用燃料性状の独自調査、PM の組成分析試行のための試料採取、インベントリの構築を開始した。それらの基礎データを基に、大気汚染情報広報用スマホアプリの開発、高濃度日の市民活動規制、テヘランへの低硫黄軽油の優先供給、高排出車両の中心部乗り入れ規制等を実現させた。インベントリの構築では、18 年前の JICA 開発調査の報告書も活用し、参考文献として引用している。

今回合意した PDM の活動と成果は、テヘラン市の主要汚染物質である PM の原因把握と対策案の検討に必要な事項のうち、テヘラン市では実施できずにいた部分及び試行の結果外部のノウハウが必要と判断した部分で構成されている。直接的な大気汚染対策ではないが、不足部分のみを JICA が補うことにより、テヘラン市による大気汚染対策の促進が期待される。

【他機関・他都市への波及効果】

イランの各行政機関は第三者に対して非常に懐疑的である。各種文書やオンライン情報はペルシャ語でのみ作成されているため、それを直接確認できる日本人専門家は非常に限られている。そのため、日本人専門家がイラン国内の各大都市の事情に応じてそれぞれと直接の信頼関係を構築するのは困難である。

例えば、JICA が別途テヘラン市に対して実施した「テヘラン市地震災害軽減プロジェクト」では、タブリッツ市の要請に応じ、TDMMO に派遣されていた JICA 専門家がタブリッツ市へ派遣されたが、テヘラン市での成果が活用されるまでには至らなかった。一方で、テヘラン市での成果は、イラン国内大都市の防災局長会議でアピールされ、その結果、TDMMO への見学が増え、各都市の防災局長を集めた本邦研修も実施された。

大気汚染分野では、既に AQCC はイラン国内の先進的行政機関として評価されており、DOE・石油省・工業省・保健省の政策に影響を与え、イスファハン市、マシャッド市等を支援している実績がある。イラン国内への波及効果は、JICA 専門家が直接実施するのではなく、AQCC の技術向上、AQCC とのプロジェクトの成果達成を通じて実現する方が効率的である。

4-2-4 PM 成分分析・汚染源調査

本調査では、AQCC による PM_{2.5} 組成調査の詳細を確認した。AQCC は、経済制裁下においても、観測機材の FRM サンプラー (ロウボリウムサンプラー)、観測に必要なろ紙等の消耗品の調達も行い、国内外の機関との協力関係により当該調査を実施している。PM_{2.5} 成分分析

は、第1期はウィスコンシン大学の無償での分析協力、第2期はテヘラン医科大学への委託契約により実施している。

しかし、AQCC がめざす PM2.5 対策立案には、精度管理されたサンプリング活動と成分分析により得られた科学的な知見が欠かせない。これには、大気中の PM 組成だけではなく、レセプターモデルによる発生源寄与解析に必要な発生源プロファイルの作成が必要となる。そのための観測機材、分析機器はテヘランには不足していると考ええる。

また、AQCC は PM2.5 対策に重点を置いているが、PM10 の大気環境濃度も大気環境基準値を超過している。日本では、PM 対策として、まず SPM（ここでは便宜上 PM10 に相当するものとして扱う）、その後に PM2.5 への対策を行ってきた。そのため、テヘランでも PM2.5 だけでなく大気環境基準を達成できていない PM10 の対策も検討することが望ましい。

（1）サンプリング

本技プロでは、大気中の PM 組成だけではなく、レセプターモデルによる発生源寄与解析に必要な発生源プロファイルの作成、さらに既存及び新設の大気環境測定局の PM（PM2.5 と PM10）自動測定機との並行観測を目的としたサンプリング活動を行う。PM 組成調査と発生源プロファイルの作成には、石英ろ紙とテフロン（PTFE）ろ紙の2種類を各1台の FRM サンプラー（PM2.5 と PM10 の2種類を対象とするため、1地点に計4台）が必要となり、自動測定機との並行観測には PTFE ろ紙のみを使用するため1台の FRM サンプラー（PM2.5 と PM10 の2種類を対象とするため、2台）が必要となる。

AQCC の PM2.5 組成調査は、24 時間サンプリングを6日ごとに実施するもので、毎月の PM2.5 質量濃度と成分濃度を得られるサンプリング計画である。技プロでも同様のサンプリング計画を想定すると、AQCC 調査による経月変化との比較が可能となり、対策立案のために有用な情報となる。

技プロで実施する PM 組成調査には、供与予定の FRM サンプラーを充てる。トンネルでの測定を予定する自動車排ガスの発生源プロファイルの作成、大気環境測定局の自動測定機との並行観測には、現状で AQCC が利用可能な FRM サンプラーを最大限に活用することにより、本技プロでの供与機材である FRM サンプラーの数量の最小化を図ることができる。

（2）成分分析

成分分析は、高精度の精密天秤や国際的な標準とされる方法で要求される分析機器が整備された分析機関で行われることが望ましい。しかし、AQCC 調査の第2期で分析を担当するテヘラン医科大学には大学の予算、経済制裁による消耗品等の調達への制約から、十分な分析機器が整備されているとはいえない状況にあることが情報収集・確認調査と本調査で明らかとなった。このような状況においても、AQCC は採取した試料を月単位でマージして分析機器の検出下限を確保する工夫を行い、可能な範囲で PM2.5 組成に関する情報を蓄積しようとする努力がみられる。本技プロで供与予定の精密天秤は PM2.5 成分分析の国際的な標準とされる方法を満足するもので、供与により、テヘラン市における PM2.5 の微量成分の定量精度の向上が期待できるだろう。

分析結果の解析に関して、Dr. Arhami から提示された第1期のろ紙試料の写真は捕集面

の色が黒く、日本国内の経験からすると多くの元素状炭素（EC）が含有されていることが想定されるものであった。しかし、提示された炭素の分析結果では OC : EC の比率が約 2 : 1 であった。この結果が必ずしも誤りというものではなく、テヘランの PM 成分の特性を表している可能性もあるため、技プロのなかでイラン側とサンプリング、炭素成分を含めた分析技術、データスクリーニングなどを広く議論する必要があるだろう。