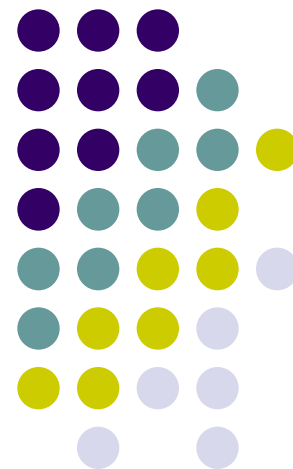


# 発生源インベントリ・ 拡散シミュレーション

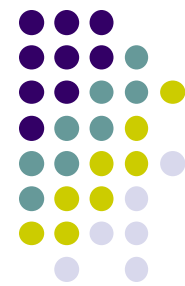
L. Narmandakh (APRD)  
仲田 伸也(JICA専門家)  
2017.4.25





# 目次

1. プロジェクト計画での成果 3 の概要
2. 発生源インベントリ・シミュレーション実施体制の構築
3. 発生源インベントリの更新
4. PM10シミュレーションモデルの構築
5. 大気汚染対策案の評価
6. 今後の課題



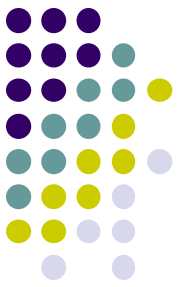
# 1. PDMの成果 3 の概要

- 成果 3
  - 大気環境及び発生源の評価分析能力が強化される。
- 指標
  - 発生源インベントリの更新及び年報の作成
  - シミュレーションモデルによる大気汚染構造評価
  - 拡散シミュレーション及び成分分析結果を用いたPM10の大気汚染対策の検討



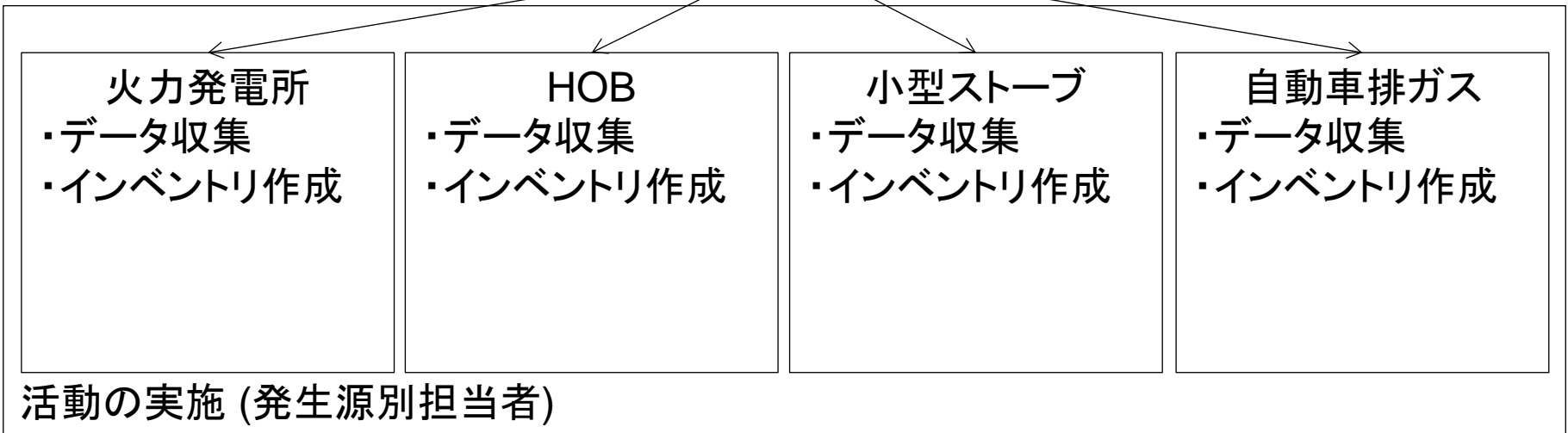
# 発生源インベントリ、拡散シミュレーションの作成

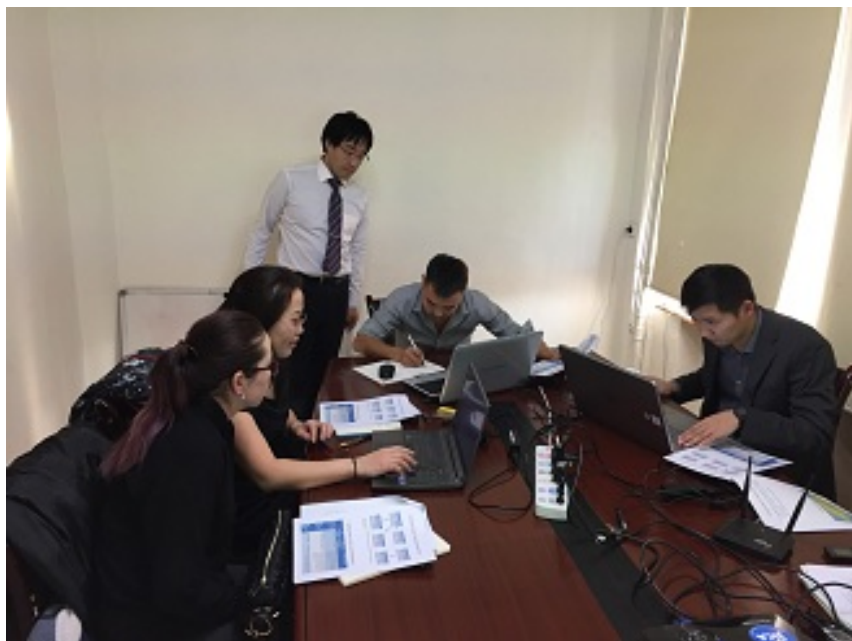
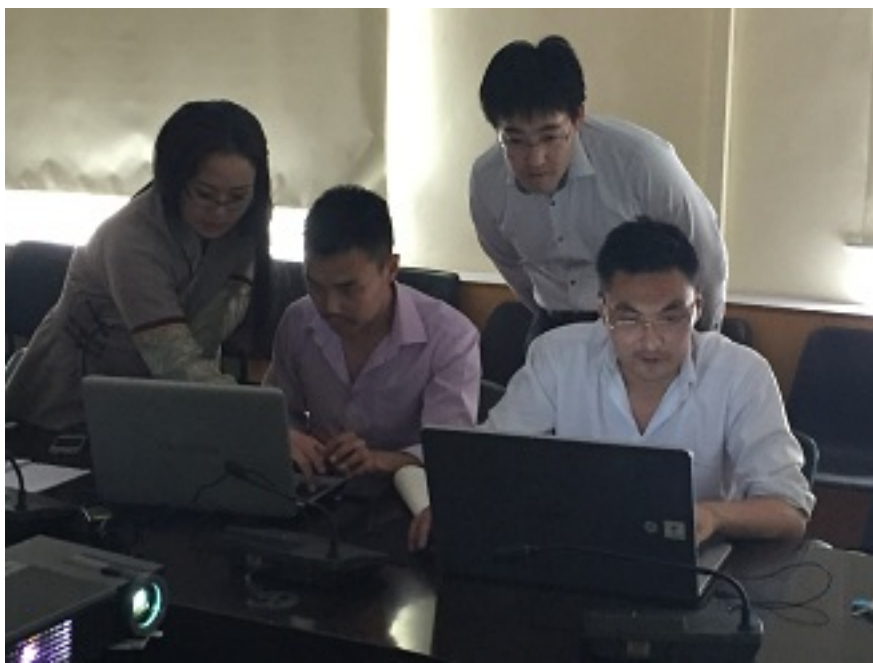
# 2. 発生源インベントリ・シミュレーション実施体制



全体統括  
Galimbek (APRD)、Nyamdavaa (NAMEM)

インベントリ作成担当者  
Narmandakh (APRD)、Bayarmagnai (NAMEM)、Davaanyam (IMHE)





本プロジェクトの一環として、発生源インベントリ、拡散シミュレーションの作成に関するセミナーと実習が全12回実施された。



### 3. 発生源インベントリの更新

- 登録データ及び測定データを用いて発生源インベントリの更新を行い、排出量を計算する
  - HOB排ガス測定結果を用いてEFを更新した
  - 車載計を用いた自動車排出ガス測定の結果を使って排出量を計算して、計算精度を改善した。
- 発生源インベントリ年次報告の作成
  - 2014年と2015年の年報を作成して、APRDのウェブサイトにアップロードした。
  - 2016年の年報が作成中である。

# 発生源インベントリ作成の際の 設定(1)



| 発生源                  | 項目   | 設定  |
|----------------------|------|---|
| 火力発電所                | 活動量  | 月別ボイラ別石炭使用量   |
|                      | 排出係数 | 各発電所における排ガス測定結果   |
| HOB                  | 活動量  | ボイラ登録監査によって石炭使用量、ボイラ及び煙突情報を更新   |
|                      | 排出係数 | 排ガス測定の結果を適用   |
| CFWH                 | 活動量  | 2014年に実施された国家発生源登録から、CFWHに該当するボイラ   |
|                      | 排出係数 | 排ガス測定結果を適用  |
| ゲルストーブ<br>(壁ストーブを含む) | 活動量  | 燃料使用量について以下の通り<br>石炭：3.88ton/台/年(ゲル)、4.84ton/台/年(壁)、<br>3.45ton/台/年(改良)、木材：0.49ton/台/年(ゲル、<br>壁、改良) |
|                      |      | 複数のストーブを所有している世帯を20.5%として、<br>ストーブ数を世帯数から推計した。  |
|                      | 排出係数 | 排ガス測定及び燃焼試験の結果を適用。  |



# 発生源インベントリ作成の際の 設定(2)



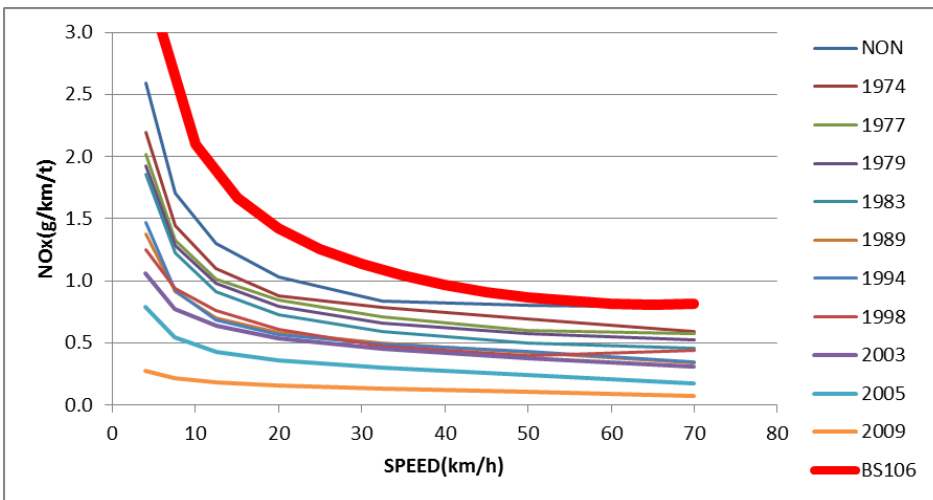
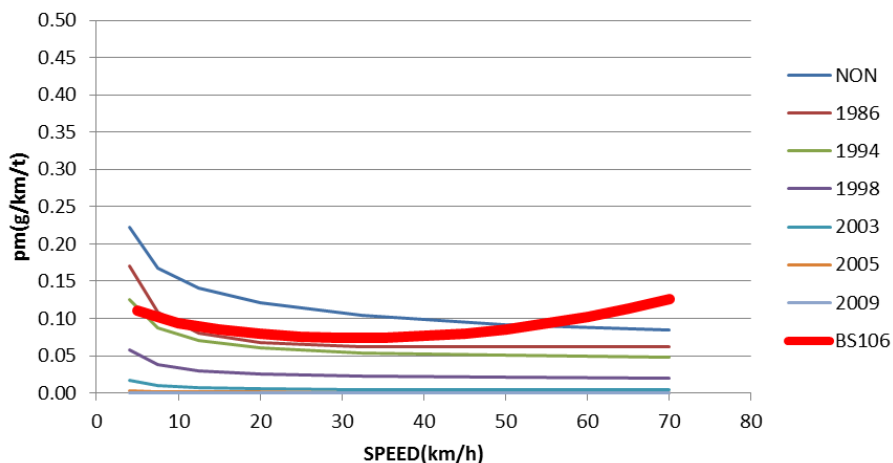
| 発生源     | 項目   | 設定   |
|---------|------|--|
| 自動車排出ガス | 活動量  | <p>幹線道路の交通量は、2010年に実施された交通量調査データを基に自動車車検登録台数の増加率を乗じた。細街路の交通量は、前年における幹線道路と細街路の走行量比を用いた。</p> <p>新設道路を反映(太陽橋など)。</p>  |
|         | 排出係数 | <p>日本の排出係数に対し、ウランバートル市内の自動車検査場にて2015年に自動車検査に合格した全自動車データから計算した車種別排ガス規制別の走行距離比で加重平均して計算した。</p> <p>高硫黄燃料等による触媒の劣化を考慮し、かつ、輸入後2年以上を経過した自動車全てについて、劣化を設定した。</p> |

# 車載計によるデータを用いた排出量推計



|                           | PM     |       | NOx      |        |
|---------------------------|--------|-------|----------|--------|
|                           | 幹線道路   | 細街路   | 幹線道路     | 細街路    |
| 日本の排出係数に基づいて計算した排出量       | 235.04 | 36.72 | 3,872.84 | 605.08 |
| 一部の排出係数を車載計での測定結果で更新した排出量 | 232.87 | 36.38 | 5,543.16 | 851.99 |

備考：車載計を用いて、いくつかの交通種類に20回測定を実施されたが、これはまだ十分な結果ではない。



# 2014年～2015年の発生源別排出量の比較

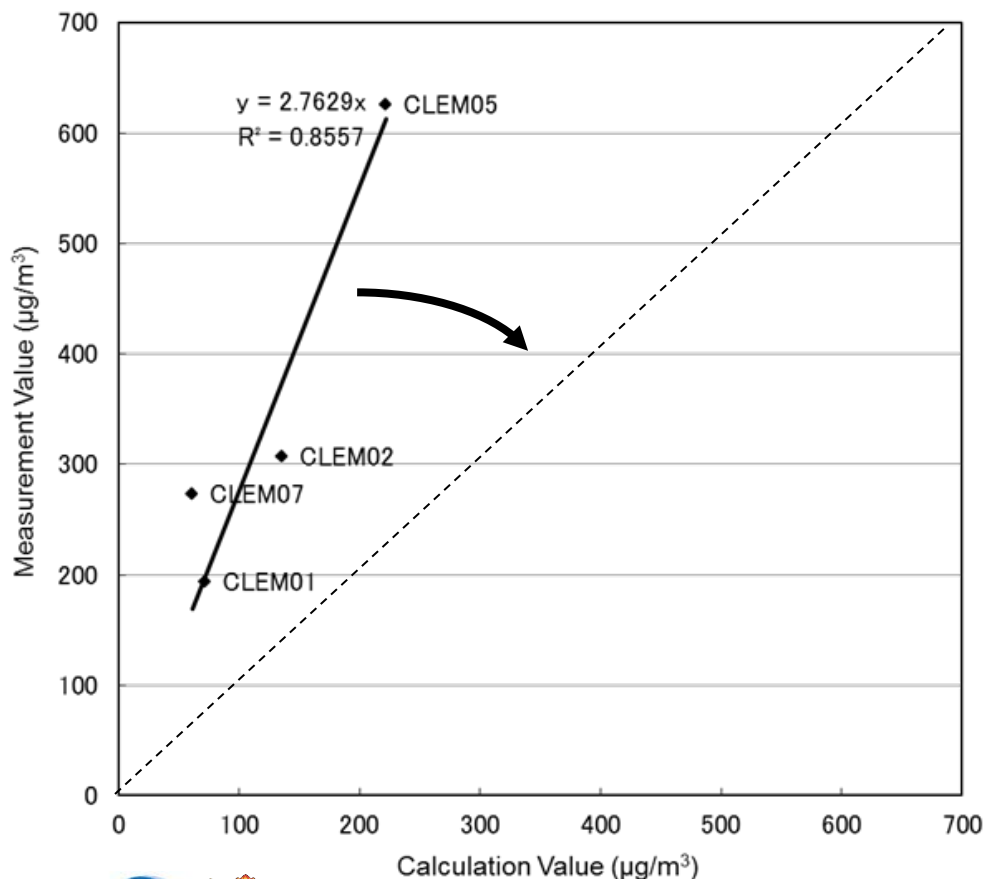


|               | SO2       |           | PM10      |           |
|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|               | 2014      | 2015      | 2014      | 2015      |
| 火力発電所         | 12,002.58 | 12,922.12 | 21,633.64 | 21,215.45 |
| HOB           | 1,165.62  | 1,502.55  | 1,299.55  | 924.16    |
| CFWH          | 294.64    | 300.81    | 211.11    | 192.42    |
| 旧ゲルストーブ       | 1,415.10  | 1,406.28  | 3,879.44  | 3,747.87  |
| 改良ストーブ        | 1,740.50  | 1,956.92  | 971.61    | 1,026.96  |
| 自動車排気ガス(幹線道路) | 301.71    | 294.33    | 239.37    | 235.04    |
| 自動車排気ガス(細街路)  | 47.14     | 45.99     | 37.40     | 36.72     |
| 道路巻き上げ        |           |           | 2,850.65  | 2,860.51  |
| 火力灰埋立地        |           |           | 498.63    | 409.64    |
| 合計            | 16,967.29 | 18,429.00 | 31,621.41 | 30,648.77 |



# PM10 シミュレーションモデル の作成

# PM10の拡散計算の結果と実測値の関係



測定局の濃度よりモデルでの計算値の濃度より低かった。



原因:

- ・ 排出係数の誤差
- ・ 二次粒子の影響
- ・ 凝縮性ダストの影響

## 2. 凝縮性ダスト生成過程 (PMFの発生源別寄与から推計)

- 2.a 燃料燃焼によるOC
- 2.b 硫酸塩
- 2.c 硝酸塩

## 3. 化学反応による二次粒子生成過程 (CALPUFFで計算可能)

- 3.a  $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NH}_3 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (硫酸塩)
- 3.b  $\text{HNO}_3 + \text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{NH}_4\text{NO}_3$  (硝酸塩)

- 
1. 煙道内排ガス (一次粒子生成過程、CALPUFFで計算可能)
- 1.a 燃料燃焼によるPM10
  - 1.b その他 (巻上げ粉じんなど)
  - 1.c  $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$  (硫酸塩)
  - 1.d  $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2(\text{H}^{++}\text{NO}_3^-) + \text{NO}$  (硝酸塩)

煙突

測定局

測定局及び計算地点での濃度

- ・燃料燃焼起源合計 (1.a+2.a)
- ・硫酸塩合計 (1.c+2.b+3.a)
- ・硝酸塩合計 (1.d+2.c+3.b)
- ・その他 (1.b)



発生源寄与割合を用いて推計された発生源別PM10濃度 ( $C_S$  ug/m<sup>3</sup>)

一次及び二次粒子生成過程による PM10濃度 ( $C_1$ )  
(1.a~1.d及び 3.a~3.b)

未把握分のPM10濃度 (凝縮性ダストと推測)

一次及び二次粒子生成過程による PM10濃度 ( $C_1$ )  
(1.a~1.d 及び3.a~3.b)

凝縮性ダストを考慮したPM10濃度 ( $E_S = E_1 * R$ )  
(1.a~1.d及び 2.a~2.c)

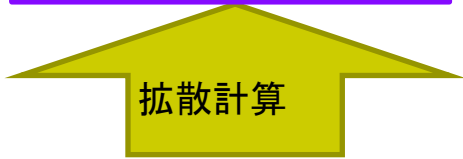


一次粒子のみを考慮したPM10 排出量 ( $E_1$ )  
(1.a~1.d)

凝縮性ダスト分の  
上乘せ割合  
( $R = C_S / C_1$ )

未把握分のPM10排出量 (凝縮性ダストと推測)

一次粒子のみを考慮したPM10排出量 ( $E_1$ )  
(1.a~1.d)



凝縮性ダストを考慮したPM10排出量  
( $E_S = E_1 * R$ )  
(1.a~1.d 及び 2.a~2.c)

=

# 因子別濃度及び凝縮性ダスト生成過程の割合



|  | 石炭燃焼   | 自動車排出ガス | 土壌粒子  | 硫酸塩   | 硝酸塩   | 焼却炉  | セメント |
|--|--------|---------|-------|-------|-------|------|------|
| 測定局でのPM10平均濃度 ( $C_{AQ}$ )   | 161.34 |         |       |       |       |      |      |
| PMFによって推計されたPM10の発生源別寄与割合 (A, %)                                   | 63.60  | 13.10   | 9.00  | 4.80  | 6.60  | 1.60 | 1.50 |
| 発生源別PM10濃度 ( $C_s = C_{AQ} * A / 100$ , $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | 102.61 | 21.14   | 14.52 | 7.74  | 10.65 | 2.58 | 2.42 |
| CALPUFFによるPM10濃度計算結果 (C1, $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )               | 58.51  | 2.23    | 31.81 | 5.15  | 2.81  |      |      |
| $R = C_s / C_1$  | 1.754  | 9.469   |       | 1.503 | 3.791 |      |      |



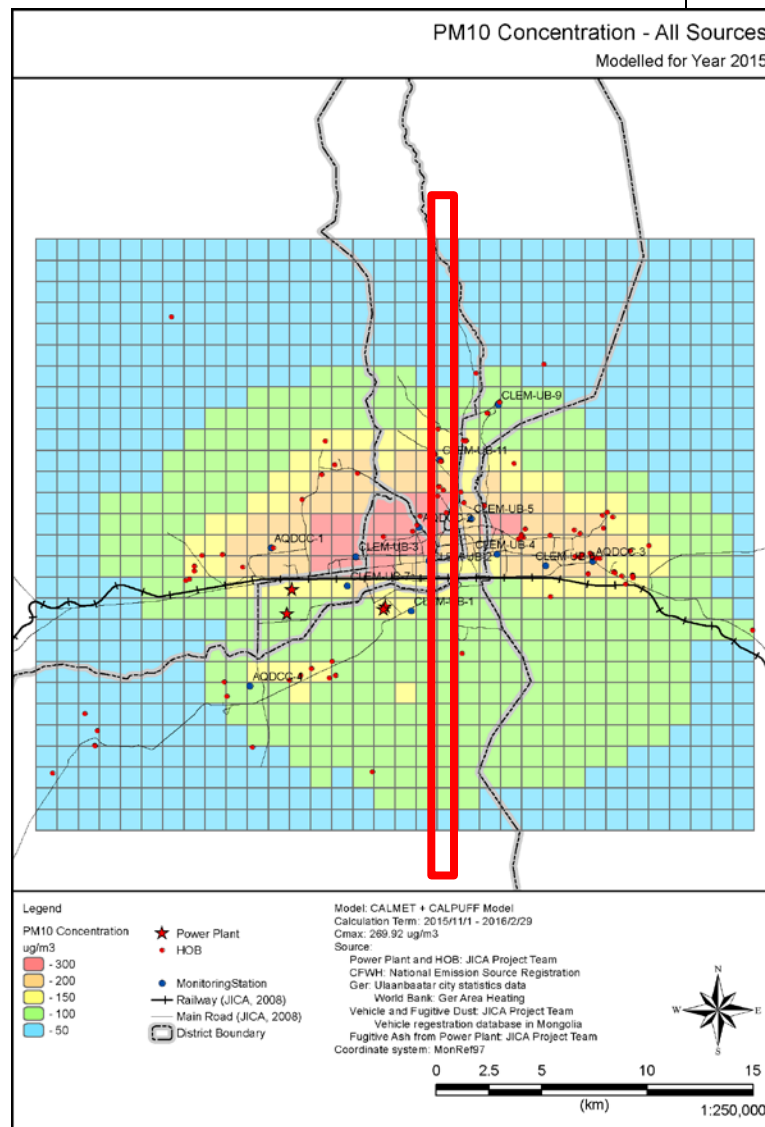
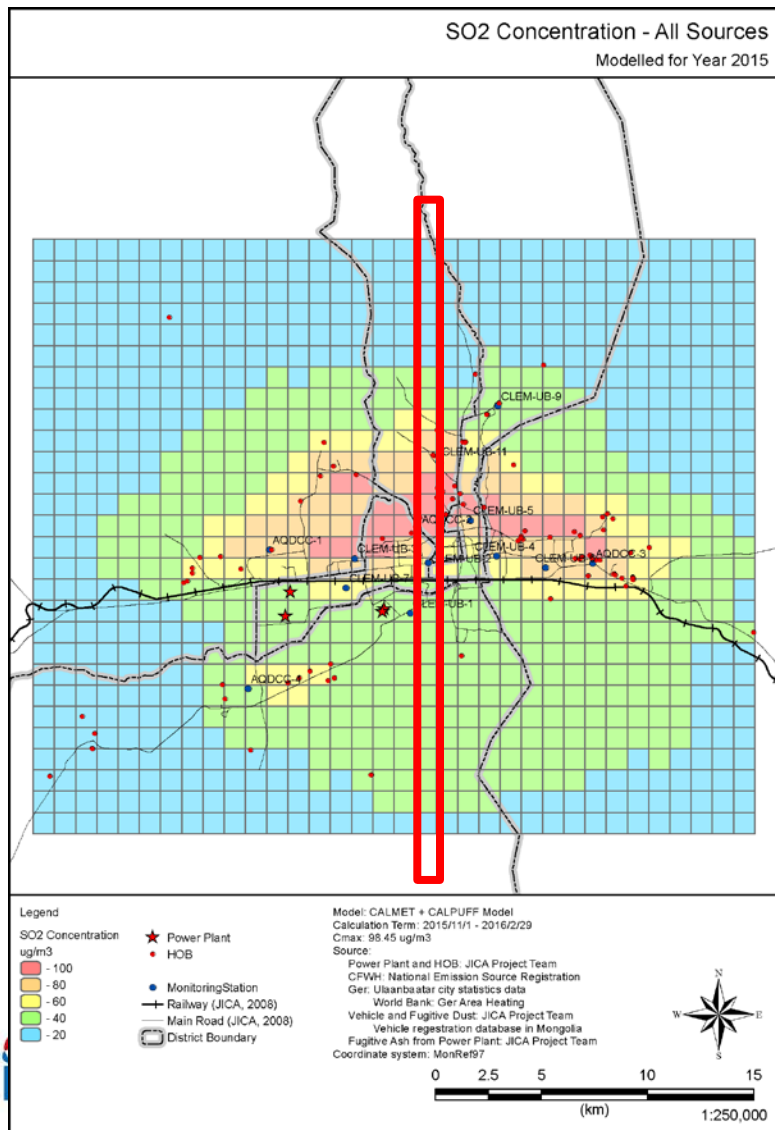
# 凝縮性ダストを考慮したPM10排出量の推計

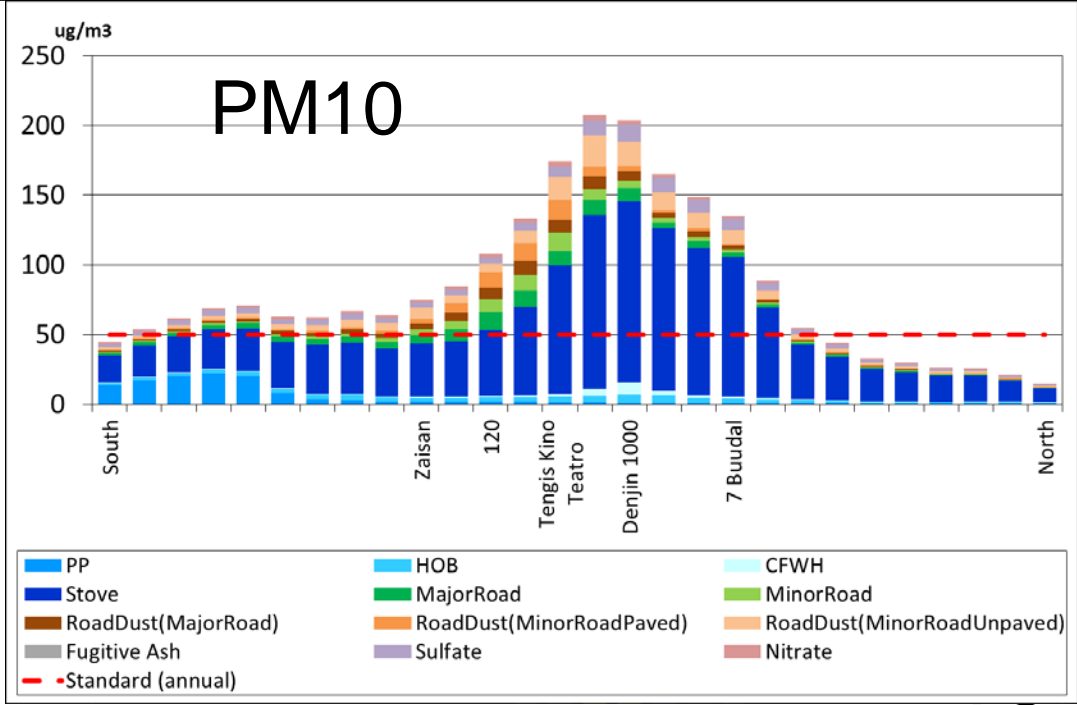
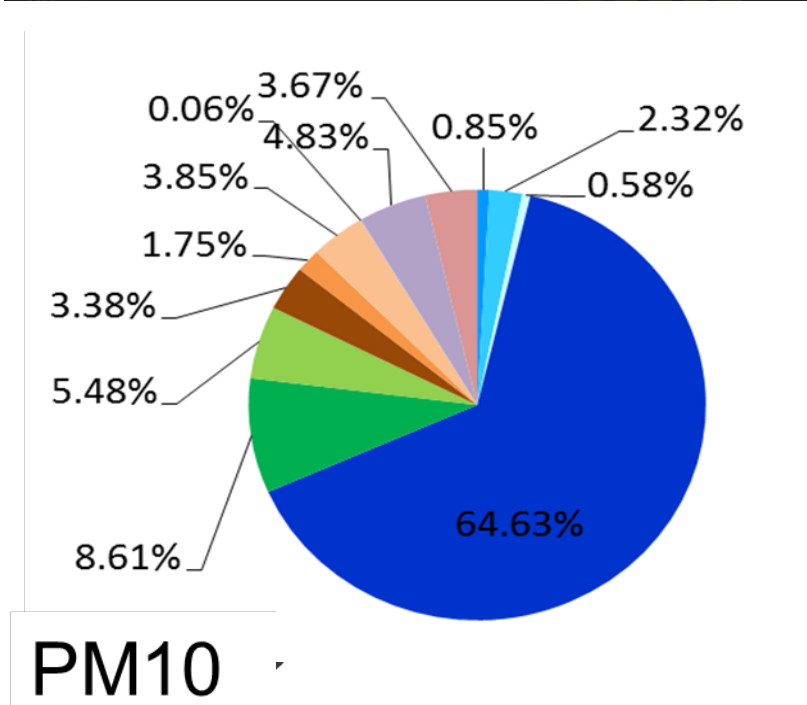
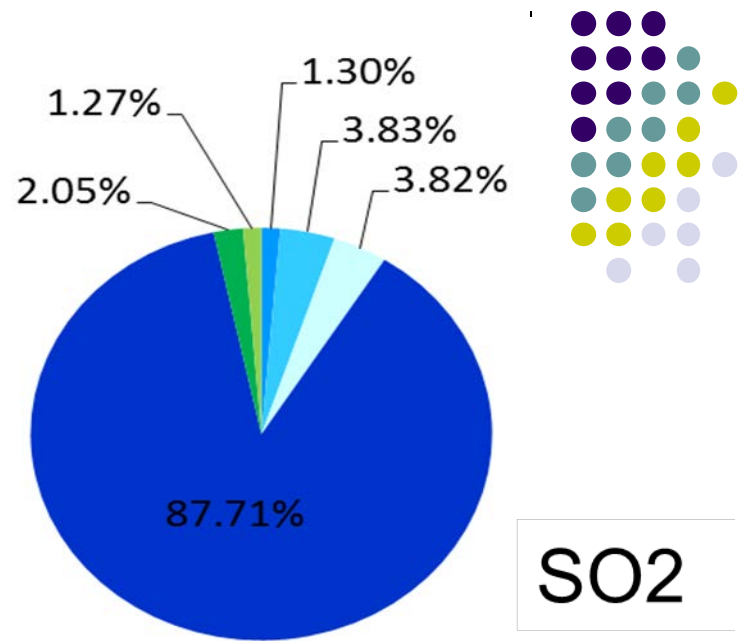
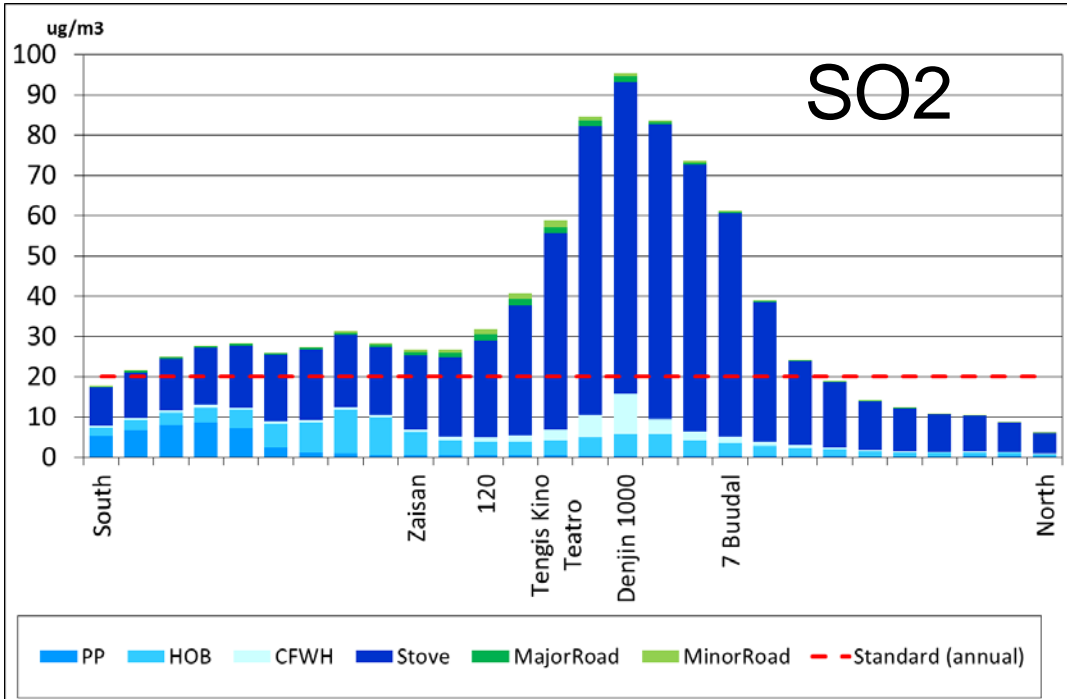


|                    | 一次粒子として<br>排出 | 凝縮性ダスト分   | 合計        |
|--------------------|---------------|-----------|-----------|
| 火力発電所              | 21,215.45     | 6,810.16  | 28,025.61 |
| HOB                | 924.16        | 296.65    | 1,220.81  |
| CFWH               | 192.42        | 61.77     | 254.19    |
| 家庭用小型ストーブ(旧型ストーブ)  | 3,747.87      | 1,203.07  | 4,950.94  |
| 家庭用小型ストーブ(改良型ストーブ) | 1,026.96      | 329.66    | 1,356.62  |
| 自動車排出ガス(幹線道路)      | 235.04        | 1,990.52  | 2,225.56  |
| 自動車排出ガス(細街路)       | 36.72         | 311.00    | 347.72    |
| 道路巻上げ粉じん           | 2,860.51      | 0.00      | 2,860.51  |
| 火力発電所灰飛散           | 409.64        | 0.00      | 409.64    |
| 合計                 | 30,648.77     | 11,002.81 | 41,651.58 |



# 拡散シミュレーション結果





# 大気汚染対策案



| No | 対策案                    | 対象発生源     |
|----|------------------------|-----------|
| 1  | 改良燃料の導入                | 家庭用小型ストーブ |
| 2  | バスへのDPFの設置             | 自動車排出ガス   |
| 3  | EURO4バスの導入             | 自動車排出ガス   |
| 4  | アムガラン熱供給施設の稼働によるHOBの廃止 | HOB       |
| 5  | HOBへのサイクロン導入           | HOB       |
| 6  | HOBへの湿式スクラバーの導入        | HOB       |
| 7  | 低硫黄燃料の導入               | 自動車排出ガス   |
| 8  | エコドライブの推奨              | 自動車排出ガス   |
| 9  | 石炭ガスへの燃料転換             | HOB       |
| 10 | 第2第3火力発電所の集塵装置の改善      | 火力発電所     |
| 11 | 低排出ガス車の導入              | 自動車排出ガス   |
| 12 | Dust発生量の少ない着火材         | 家庭用小型ストーブ |
| 13 | ゲル地区のアパート化             | 家庭用小型ストーブ |
| 14 | 信号制御システムの改善に伴う旅行速度の上昇  | 自動車排出ガス   |
| 15 | RSDの導入による整備不良車等の減少効果   | 自動車排出ガス   |



# 大気汚染対策評価シート

|   |                      |                      |                      |               |  |          |          |
|---|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|--|----------|----------|
| <b>АББ арга хэмжээний саналын судалгааны дүнгийн хуудас.</b>  |                      |                      |                      |               |  |          |          |
| Арга хэмжээний нэр: Сайжруулсан түлш нэвтрүүлэх.  |                      |                      |                      |               |  |          |          |
| Хамрагдах эх үүсвэр: Гэрийн зуух.   |                      |                      |                      |               |  |          |          |
| Эх үүсвэрийн инвенторт шинэчлэх мэтлэл (Хамрагдах хүрээ, үйл ажиллагааны суурь өгөгдөл, Я/К зэрэг).   |                      |                      |                      |               |  |          |          |
| Тооцооллын нөхцөл: Гэрийн зуухны нүүрсний хэрэглээг сайжруулсан түлш (хагас коксон брикет) -нд шилжүүлсэн тохиолдлоор авч, түлшний зарцуулалтын хэмжээг нүүрснээс 82%-иар, SO <sub>2</sub> -ын Я/К-ийг нүүрс зарцуулалтаас 25%-иар багасна гэж үзэх.  |                      |                      |                      |               |  |          |          |
| PM-ын Я/К нь 0.93 кг/тонн (уламжлалт зуух), 0.27 кг/тонн (сайжруулсан зуух).  |                      |                      |                      |               |  |          |          |
| <b>Ялгарлын бууралтын дүн.</b>  |                      |                      |                      |               |  |          |          |
| <table border="1"> <tr> <td>PM10 ялгарлын хэмжээ</td> <td>Арга хэмжээнээс өмнө</td> <td>Бүх бүс нутаг</td> </tr> <tr> <td></td> <td>4,774.83</td> <td>1,016.21</td> </tr> </table>  |                      | PM10 ялгарлын хэмжээ | Арга хэмжээнээс өмнө | Бүх бүс нутаг |  | 4,774.83 | 1,016.21 |
| PM10 ялгарлын хэмжээ  | Арга хэмжээнээс өмнө | Бүх бүс нутаг        |                      |               |  |          |          |
|   | 4,774.83             | 1,016.21             |                      |               |  |          |          |
| Бууралтын хэмжээ 3,758.62 тонн, бууралтын хувь нь 78.72%.   |                      |                      |                      |               |  |          |          |
| <b>Конденсацлагдсан тоосонцорыг оруулж тооцоолох байдал.</b>  |                      |                      |                      |               |  |          |          |
| Ялгарлын бууралттай адил хэмжээгээр конд. тоосонцорын ялгарал буурна гэж үзэх.  |                      |                      |                      |               |  |          |          |
| Арга хэмжээнд шаардлагатай зардал: 17 тэрбум 44 сая 900 мян. төг (811 сая 660 мян. иэн).  |                      |                      |                      |               |  |          |          |
| Зуухны нүүрсний зарцуулалт 968,450 тонн, энэ хэрэглээг бүгдийг сайжруулсан түлшинд шилжүүлсэн тохиолдолд 794,130 тонн болж багасна гэж үзэх. Сайжруулсан түлш 180,000 төг/тонн, нүүрс 130,000 төг/тонн гэж авахад хэрэглэгч дараах зардлыг гаргах болно.  |                      |                      |                      |               |  |          |          |
| $180,000 \times 794,130 - 130,000 \times 968,450 = 17,044,900,000 \text{ Тг.}$  |                      |                      |                      |               |  |          |          |
| <b>Зардалтай харьцах бууралтын үр дүн:</b> 4 сая 535 мян. төг/тонн (216 мян. иэн/тонн).   |                      |                      |                      |               |  |          |          |
| Нэгдсэн үнэлгээ (Эдийн засгийн болон технологийн хувьд хэрэгжүүлж боломж, магадлал).  |                      |                      |                      |               |  |          |          |
| Ялгарлын хэмжээ болон агууламж ихээхэн буурч байгаа айгүлшний хэрэглээг нэмэгдүүлэх, бүтээгдэхүүний чанар, үйлдвэрлэлийг хангах нь чухал юм. Түлшний хэрэглээг нэмэгдүүлэхэд үйлдвэрлэгч болон худалдан авагчид улсаас татаас олгох зэрэг дэмжлэг үзүүлэх шаардлагатай юм. Мөн үйлдвэрлэлийг хангах, үнэ буурал зардалтай харьцах бууралтын үр дүн сайжрах юм. Сайж. түлшний ялгарлын хэмжээ, агууламжийг бууруулахын тулд үйлдвэрлэлтэй холбоотой MNS-ыг шинэчлэх, стандартын үзүүлэлтийг нэмэх зэргээр нүүрсний PM-ын Я/К-оос өндөр гарах түвшинд үйлдвэрлэх зах зээлд гаргахаас урьдчилан сэргийлж, хамгаалах арга хэмжээг чангаруулах нь зүйтэй юм. |                      |                      |                      |               |  |          |          |

| <b>Тархалтын тооцооллын дүн болон агууламжийн бууралтын үр дүн.</b>  |                              |                                  |                  |  |                              |                                  |                  |  |        |       |        |
|--|------------------------------|----------------------------------|------------------|--|------------------------------|----------------------------------|------------------|--|--------|-------|--------|
|  |                              |                                  |                  |  |                              |                                  |                  |  |        |       |        |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Арга хэмжээ хэрэгжихээс өмнө</th> <th>Арга хэмжээг хэрэгжүүлсний дараа</th> <th>Бууралтын хэмжээ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Газрын гадарга дээрх хамгийн их агууламж</td> <td>184.77</td> <td>46.91</td> <td>137.86</td> </tr> </tbody> </table> |                              |                                  |                  |  | Арга хэмжээ хэрэгжихээс өмнө | Арга хэмжээг хэрэгжүүлсний дараа | Бууралтын хэмжээ | Газрын гадарга дээрх хамгийн их агууламж | 184.77 | 46.91 | 137.86 |
|  | Арга хэмжээ хэрэгжихээс өмнө | Арга хэмжээг хэрэгжүүлсний дараа | Бууралтын хэмжээ |  |                              |                                  |                  |  |        |       |        |
| Газрын гадарга дээрх хамгийн их агууламж   | 184.77                       | 46.91                            | 137.86           |  |                              |                                  |                  |  |        |       |        |

# 今後の課題



- データの更新改善、実際の測定と調査の実施を図る
  - 発生源データ
  - 排出係数の精度計算
- 計算範囲を拡大して、別荘や特別保護地域等の大気汚染が低い地域を把握する
- モデルの再現性、計算の精度 (grid) の改善
  - 山と幅の狭い谷等の地形での濃度を詳細に再現する