

地下鉄のPM2.5 測定について

 東京ダイレック株式会社

PM2.5とは

粒径 $2.5\mu\text{m}$ 以下の浮遊粒子がPM2.5（微小粒子状物質）と呼ばれる。
PM2.5は粒径が小さいため、肺の奥に侵入しやすい。

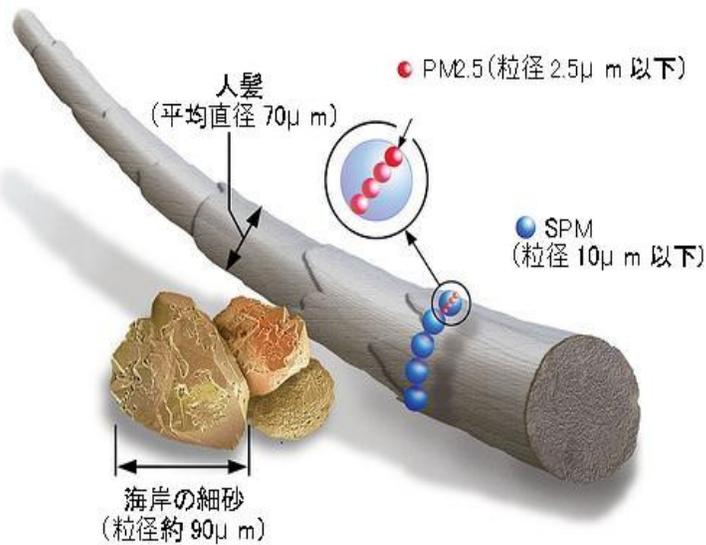


図 粒子サイズと人髪の比較
(出典：EPA)

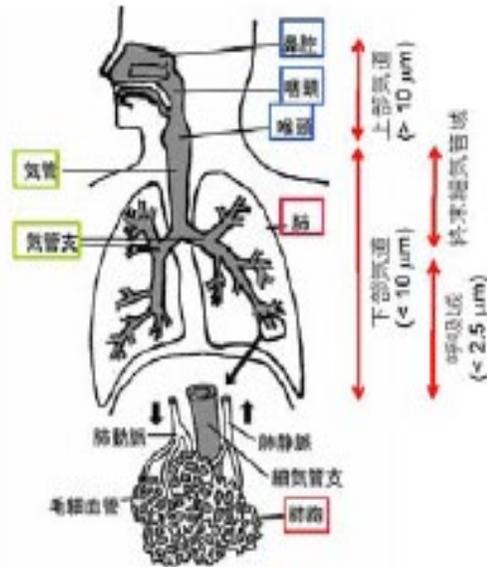


図 粒子サイズと呼吸器への沈着
(出典：国立環境研究所)

PM2.5には、様々な成分の粒子が含まれている。

炭素成分（有機、無機）、無機イオン成分、無機元素

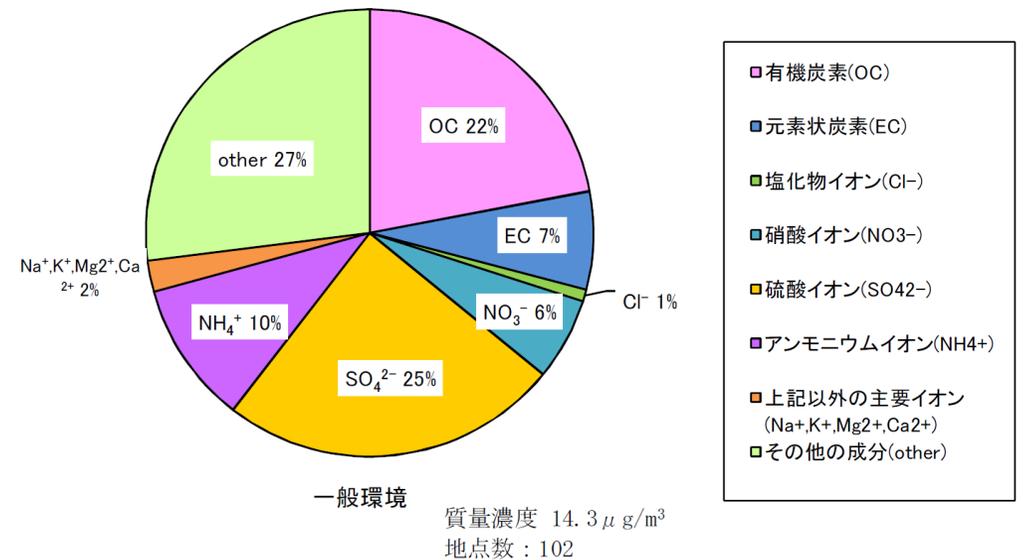


図 PM2.5の組成 平成26年度 一般環境
(出展：環境省)

日本のPM2.5 環境基準

2009年9月9日～

- 1 微小粒子状物質に係る環境基準は、次のとおりとする。
1年平均値が15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であり、かつ、**1日平均値が35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下**であること。
- 2 1の環境基準は、微小粒子状物質による大気汚染の状況を的確に把握することができる^①と認められる場所において、**濾過捕集による質量濃度測定方法**又は**この方法によって測定された質量濃度と等価な値が得られると認められる自動測定機による方法**により測定した場合における測定値によるものとする。
・
・

環境基準値は質量濃度で定められており、国や自治体による常時モニタリングが行われているが、以下の成分分析も**捕集法**とともにマニュアルが公開され、調査が推進されている。

- ・ **炭素成分** (OC:有機炭素、EC:無機炭素)
- ・ **イオン成分** (SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- 、 NH_4^+ 、 Na^+ 、 Ca_2^+ 、 Mg_2^+ 、 K^+)
- ・ **無機元素** (Na、Al、K、Ca、Sc、V、Cr、Fe、Ni、Zn、As、Sb、Pb)
(※推奨：Si、Ti、Mn、Co、Cu、Se、Rb、Mo、Cs、Ba、La、Ce、Sm、Hf、W、Ta、Th)
- ・ **その他**：多環芳香族炭化水素、水溶性有機炭素、レボグルコサン、ガス成分

地下鉄で高濃度PM2.5

- 慶応義塾大学・奥田准教授のグループが国内で初めて調査を行った。
- ホームにて、最大で地上の5倍ほどのPM2.5濃度が観測された。
- 早朝から通勤ラッシュ時間帯にかけてと高い濃度（平均：120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）。
- 電車のブレーキ時に発生されるブレーキ粉塵が由来と推察された。
- これらの結果はニュース(NHKなど)や新聞(日経新聞など)にて、大々的に報道された。

地下鉄で高濃度PM2.5

ホーム、最大で地上の5倍

健康への影響が指摘される微粒子状物質「PM2.5」について、慶応の研究グループが地下鉄のPM2.5濃度を調査し、最大で地上の約5倍の濃度が観測されたことが分かった。地下鉄での本格的な調査は国内初。地下ホームのような閉鎖空間では、通勤ラッシュ時のPM2.5が拡散せず、空気中の濃度が高まるとみられる。

国内初調査 閉鎖空間が助長？

7月1日早朝、横浜市。地下鉄のホームでPM2.5の濃度を測定する。奥田准教授（慶応義塾大学）と学生らによる調査の様子。奥田准教授は「地下鉄の閉鎖空間はPM2.5の濃度を高めるとみられる」と指摘する。奥田准教授は「地下鉄の閉鎖空間はPM2.5の濃度を高めるとみられる」と指摘する。

地下鉄駅ホームのPM2.5濃度
マイクログラム/立方メートル

PM2.5は小さい粒子で、呼吸器や目などを刺激し、アレルギーを引き起こす。PM2.5はPM10よりも健康への影響が大きいとされている。PM2.5はPM10よりも健康への影響が大きいとされている。

海外、進む地下鉄内調査

海外では地下鉄や地下鉄のPM2.5濃度の調査が先行して行われている。スペイン・バルセロナでは、PM2.5濃度の調査が行われ、高いPM2.5濃度が観測された。バルセロナ交通公社は、PM2.5濃度の調査結果を公表した。PM2.5濃度は、PM10濃度の約1.5倍であった。PM2.5濃度は、PM10濃度の約1.5倍であった。

ロンドンでは軽減策も

ロンドンでは地下鉄のPM2.5濃度の調査が行われ、高いPM2.5濃度が観測された。ロンドン交通公社は、PM2.5濃度の調査結果を公表した。PM2.5濃度は、PM10濃度の約1.5倍であった。PM2.5濃度は、PM10濃度の約1.5倍であった。

健康への影響懸念

PM2.5は、呼吸器や目などを刺激し、アレルギーを引き起こす。PM2.5はPM10よりも健康への影響が大きいとされている。PM2.5はPM10よりも健康への影響が大きいとされている。

(出典：日本経済新聞 夕刊 (2018年11月16日))

国外での調査(地下鉄PM10及びPM2.5濃度)

プラットフォーム上	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	参考文献
バルセロナ	87-325	21-186	Querol et al. 2012
バルセロナ	133	13-154	Moreno et al. 2014; Martins et al. 2015
ブダペスト	155	51	Salma et al. 2007
ロンドン	1000-1500	270-480	Seaton et al. 2005
ロサンゼルス	78	57	Kam et al. 2011
パリ	200	61	Raut et al. 2009
ソウル	359	129	Kim et al. 2008
ストックホルム	357	199	Johansson & Johansson 2003
台北	51	35	Cheng et al. 2008

電車内	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	参考文献
バルセロナ	26-100	11-32	Querol et al. 2012
バルセロナ		19-75	Martins et al. 2015
ロサンゼルス	31	24	Kam et al. 2011
台北	41	32	Cheng et al. 2008

国外動向 Improveプロジェクト



- IMPROVE (Implementing Methodologies and Practices to Reduce air pollution Of the subway enVironmEnt)
- 地下鉄内の空気質改善を目的に立ち上げられたEUのプロジェクト
- バルセロナ・メトロなどで調査を実施

Air Quality Measurements Platforms

Sampler with a PM_{2.5} inlet;

Daily sampling: 05:00 – 24:00h (metro operating time)

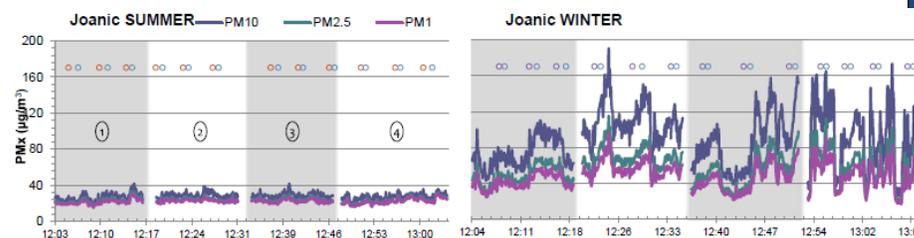
- DustTrak (PM₁₀, PM_{2.5} and PM₁);
- Indoor Air Quality analyser (CO₂, CO, T, RH);

Continuous measurements (24h/day)

METHODOLOGY AND WORK PLAN

- OPS 3330: particle number 0.3–10 μm (16 channels) - 5 min.
- Dustrak: PM₁₀, PM_{2.5}, PM₁ mass concentrations - 5 min.
- IAQ: CO, CO₂, T, HR (levels) - 5 min

Logos for TMO, idaea, and CSIC.



1. PM concentrations
2. Nanoparticles number
3. Black carbon
4. CO, CO₂, Temp, RH.
5. PM_{2.5} sampler chemistry
6. GPS

プラットフォーム内での計測

通勤者模擬計測

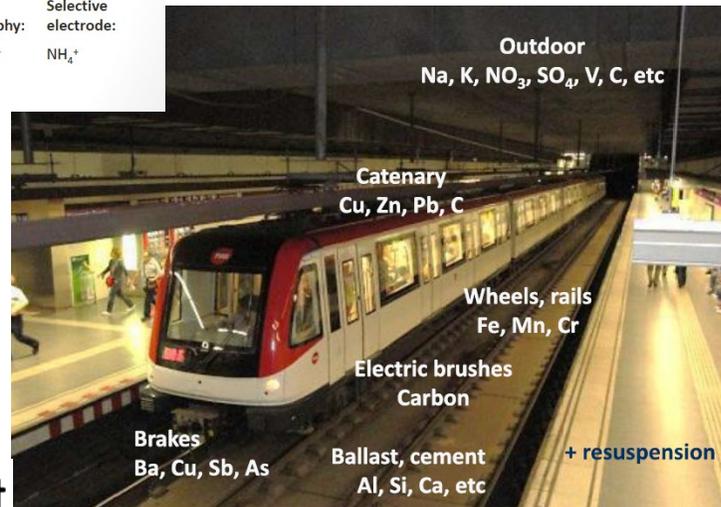
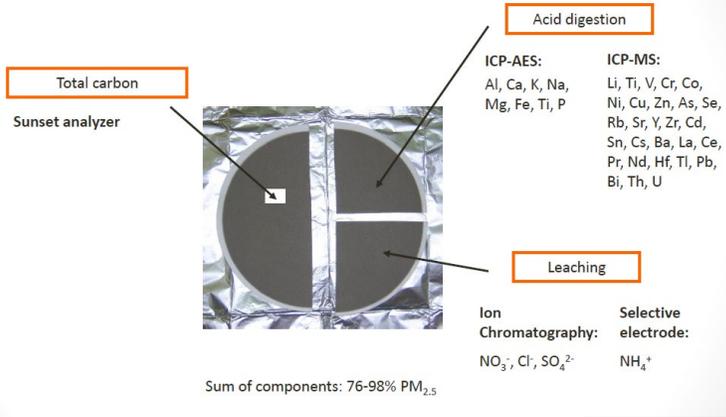
出典: <http://improve-life.eu/>

国外動向 Improveプロジェクト



- PM2.5/PM10 濃度計測のみならず、発生源の特定のため成分分析も行った。

Chemical composition



	BALLAST	CATENARY	BRUSHES	PANTOG.	BRAKES		RAIL	WHEEL
wt %					lateral	frontal		
C	<0,1	<0,1	95,4	78,7	24	40,4	0,8	0,50
ppm								
Al	83008	<0,1	0,03	719	529	22603	15	<0,1
Ba	591	10	28	85	14331	40002		0,1
Ca	23491	<0,1	0,1	1207	27857	35516		<0,1
Cu	35	950000	1000	197104	35436	193	160	1000
Fe	29705	9000	3000	1353	329000	17239	979595	980000
K	29221	<0,1	<0,1		83	2609		<0,1
Mg	9783	<0,1	<0,1	272	25800	43558		<0,1
Na	21952			1064	<0.01	3715		
S	163	<0,1	<0,1	3178	30800	17813	110	<0,1
Li	28				<0,01	7,5		
Ti	2716	53	28	43	60	1473	30	9,8
V	61	17	1	18	2,2	34	15	15
Cr	76	131	22	18	132	69	300	1173
Mn	646	40	1	16	3099	569	11300	7000
Co	5,2	1,4	<0,1	1,3	14,5	8,1		80
Ni	39	54	9,1	20	104	18	210	782
Zn	61	102	115	122	52220	10682		6
As	2,1	2,9	<0,1	2,9	22	4,9		51
Rb	112				0,8	8,0		
Sr	160	3,9	1,7	4,7	295	1905		<0,1
Cd					1,7			
Sn	2,9	0,9	15	2,9	15,3	3,1	20	95
Sb		12	4,9	30	3059	43	25	24
La	20				1,2	7,7		
Ce	43				0,9	16		
W	39	1,8	1,6		<0,01	1,8		91
Pb	17	2,4	4,2	8,6	1260	7,8		<0,1
Bi					1,6			

出典: <http://improve-life.eu/>

製品一覧

PM2.5濃度計（モニター）

PM2.5自動濃度測定装置
（β線吸収法）



- ・環境省による自動測定機の等価性評価試験において等価性が認証された
- ・USEPAにおいてもPM10及びPM2.5で等価性が認証された
- ・定点観測に用いられ、365日24時間の濃度モニターが可能

エアロゾルモニター
DustTrak II 8530/8532



- ・PM2.5を簡単に精度良く計測
- ・インレット部の付け替えでPM1、PM4、PM10、TSPの測定も可能

エアロゾルモニター
DustTrak II DRX 8533/8534



- ・8530/8532の上位機種
- ・PM1、PM2.5、PM4、PM10、TSPを同時に測定

ファインダストモニター
Fidas Frog



- ・PM1、PM2.5、PM4、PM10、TSPを同時に測定
- ・個数濃度も同時測定
- ・画面（タブレット）を取り外しての遠隔操作が可能 ※カメラ機能も使用可
- ・外気温湿度、大気圧も同時測定

PM2.5濃度センサー
IPM2.5



- ・PM2.5を簡易計測
- ・画面カラーと濃度が連動する為、瞬間的に濃度レベルの把握が可能 ※WHO基準表示

電子式粒子センサー
DePS



- ・粒子の個数、重量およびLDSA濃度をリアルタイム計測（LDSA：肺沈着表面積）
- ・メンテナンスフリー
- ・OEMモデル有り

製品一覧 サンプラー（濾過捕集装置）

PM2.5標準測定法
FRMサンプラー2000/2025



- ・PM2.5質量濃度や成分測定用の捕集に最適
- ・簡易測定モニターの係数設定時のリファレンス機としても最適
- ・フィルタ16枚自動交換機能付モデルあり
- ・PM10 & PM2.5同時捕集モデルあり
- ・吸引流量は16.7 L/min

ハイボリュームサンプラー
DHA80



- ・PM2.5微量成分の捕集に最適
- ・フィルタ15枚自動交換機能
- ・捕集後フィルタの冷蔵保存可能
- ・イーサネット通信による遠隔監視や制御が可能。
- ・吸引流量は100~1000 L/min
- ・非常に静かな運転音
- ・PM2.5やPM10捕集も可能

各種フィルタ



[PTFEフィルタ]
サポートリング付は
取扱が非常に容易

下記成分の測定に最適
・質量濃度
・イオン成分
・無機元素

[石英繊維フィルタ]
下記成分の測定に最適
・炭素成分
・イオン成分

サイズバリエーション豊富

MCIサンプラー



小型のPM2.5サンプラー。
成分分析用に。

ナノ粒子サンプラー



0.01 μm ~18 μm のPMを
最大14段に分級して捕集

アンダーセンサンプラー



0.43~11 μm のPMを
8段階に分級して捕集。

秤量環境チャンバー



PM2.5 秤量空間に要求される
温湿度を一定に制御

製品一覧 成分測定（分析装置・モニター）

炭素成分分析装置
(熱分離・光学補正法)



- ・環境省PM2.5成分分析ガイドライン 炭素成分分析法に準拠
- ・炭素成分を有機炭素(OC) & 無機炭素(EC) に分離して定量
- ・サンプラーで石英繊維フィルタに捕集した試料フィルタを専用ツールで切抜き、分析
- ・使用ガス流量の自動調整機能付き
- ・オプションで36枚の試料フィルタ分析を自動化可能
- ・連続モニターモデルあり。1時間毎の濃度を1か月程度連続測定可能。

ハンディ
ブラックカーボンモニター



- ・空気中ブラックカーボン濃度を連続測定 (測定波長：880 nm)
- ・カーボンブラシの摩耗測定に最適
- ・1秒～300秒毎にデータ記録可能
- ・軽量、小型 (280g)
- ・バッテリー駆動。24時間程度、モバイル利用可能
- ・AC100Vでも駆動可の為、24時間以上の測定にも対応

ハンディ
5波長カーボンモニター



- ・空気中ブラックカーボン、有機エアロゾル濃度を連続測定 (測定波長：375/ 470/ 528/ 625/ 880 nm)
- ・カーボンブラシの摩耗粉や、タバコ煙などの測定に最適
- ・1秒～300秒毎にデータ記録可能
- ・軽量、小型 (400g)
- ・バッテリー駆動。24時間程度、モバイル利用可能
- ・AC100Vでも駆動可の為、24時間以上の測定にも対応
- ・2週間以上の連続測定可能

イオン・ガス成分モニター



- ・浮遊粒子やガスの成分を連続モニター
陰イオン： NO_2^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 F^- 、 Cl^- 、
陽イオン： NH_4^+ 、 Na^+ 、 Ca_2^+ 、 Mg_2^+ 、 K^+
酸性ガス： SO_2 、 HCl 、 HNO_3
塩基ガス： NH_3
- ・1時間毎のデータを取得可能
- ・検出器にはイオンクロマトグラフを使用し、精度の高い分析値を得られる

環境省成分分析マニュアルに準拠した
イオン成分、無機元素の分析についてもご相談ください。

製品一覧 粒径分布・粒子個数モニタ

粒径分布



NanoScan SMPS 3910



- ・対象粒径 0.01 ~ 0.42 μm 、13チャンネル
- ・粒径分布測定(1分間)と特定サイズのナノ粒子個数濃度測定(1秒間)の2モード
- ・放射線源不要



OPS 3330



- ・対象粒径 0.3 ~ 10 μm 、16チャンネル
- ・一般大気~高濃度用のパーティクルカウンター
- ・フィルターに捕集した粒子の秤量、化学分析が可能



APS 3321

- ・対象粒径 0.5 ~ 20 μm 、52チャンネル
- ・空気動力学径をリアルタイムに測定
- ・粒子の散乱光も同時に計測

個数濃度



CPC 3007



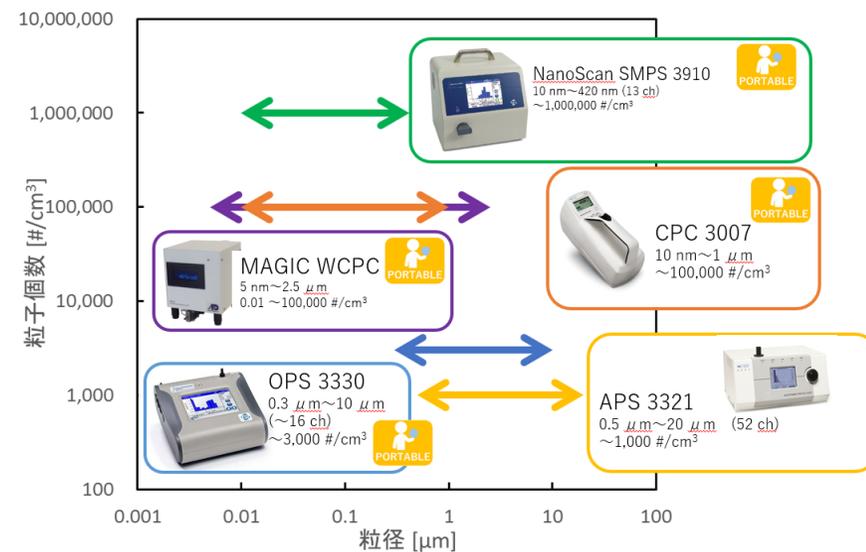
- ・対象粒径 0.01 ~ 1 μm
- ・本体重量1.7 kgのハンディタイプ



MAGIC WCPC



- ・対象粒径 0.005~2.5 μm
- ・水の内部循環により長時間測定が可能
- ・急な向きの変化や衝撃、振動に強い



PM2.5をはじめ、エアロゾル研究機器は 東京ダイレックにご相談ください

東京ダイレック株式会社 営業本部
TEL : 03-5367-0891 FAX : 03-5367-0892
Mail : info@tokyo-dylec.co.jp