

# 日本涂装VOC排放与控制措施

外冈 丰 教授 · 工学博士  
埼玉大学人文社会科学研究科(经济学部)

# 自我介绍

外冈 丰 Tonooka Yutaka

毕业于早稻田大学。

原伦敦帝国理工学院环境政策中心、西安交通大学、大连理工大学客座教授

专业领域：环境政策 尤其是能源与环境领域

特别是在日本、中国的温室效应气体与大气污染物质的排放量推测与措施评估方面

曾担任日本环境省、埼玉县、埼玉市等、研讨会、审议会委员

日本建筑学会地球环境委员会（原委员长）

气候变化对策小委员会、亚洲建筑环境、节能委员会、LCA小委员会、伦理委员会及低碳社会推进会议干事

日本城市问题会议（原代表）负责人

生态论坛协会理事、森街再生会议代表、

NPO・EE协调代表

# 目录

日本**VOC**排放实际情况

日本**VOC**规范

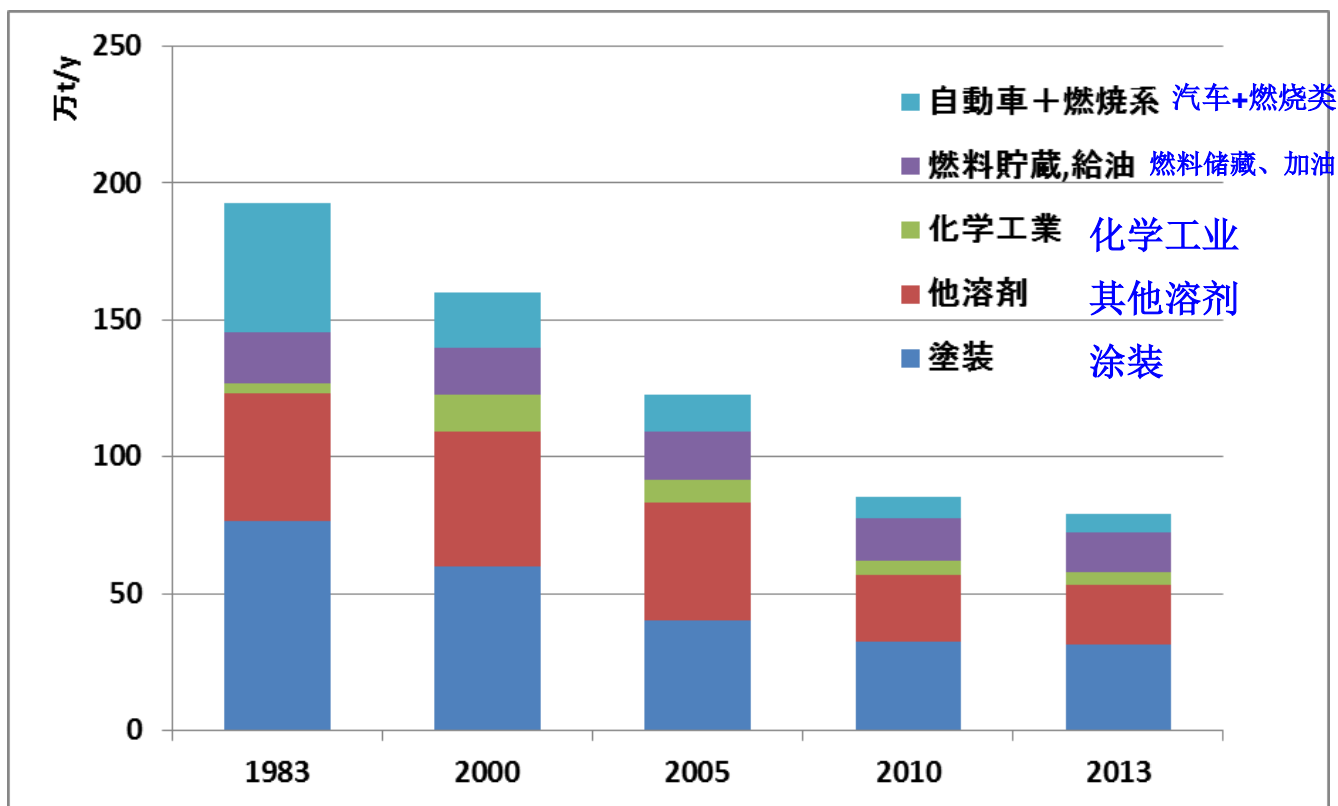
来自涂料的**VOC**排放

涂装**VOC**排放控制措施

中国的**VOC**排放

参考资料

# 日本VOC排放情况 全部污染源 1983-2013



日本的汽车排放尾气与燃烧类污染源的排放量较少

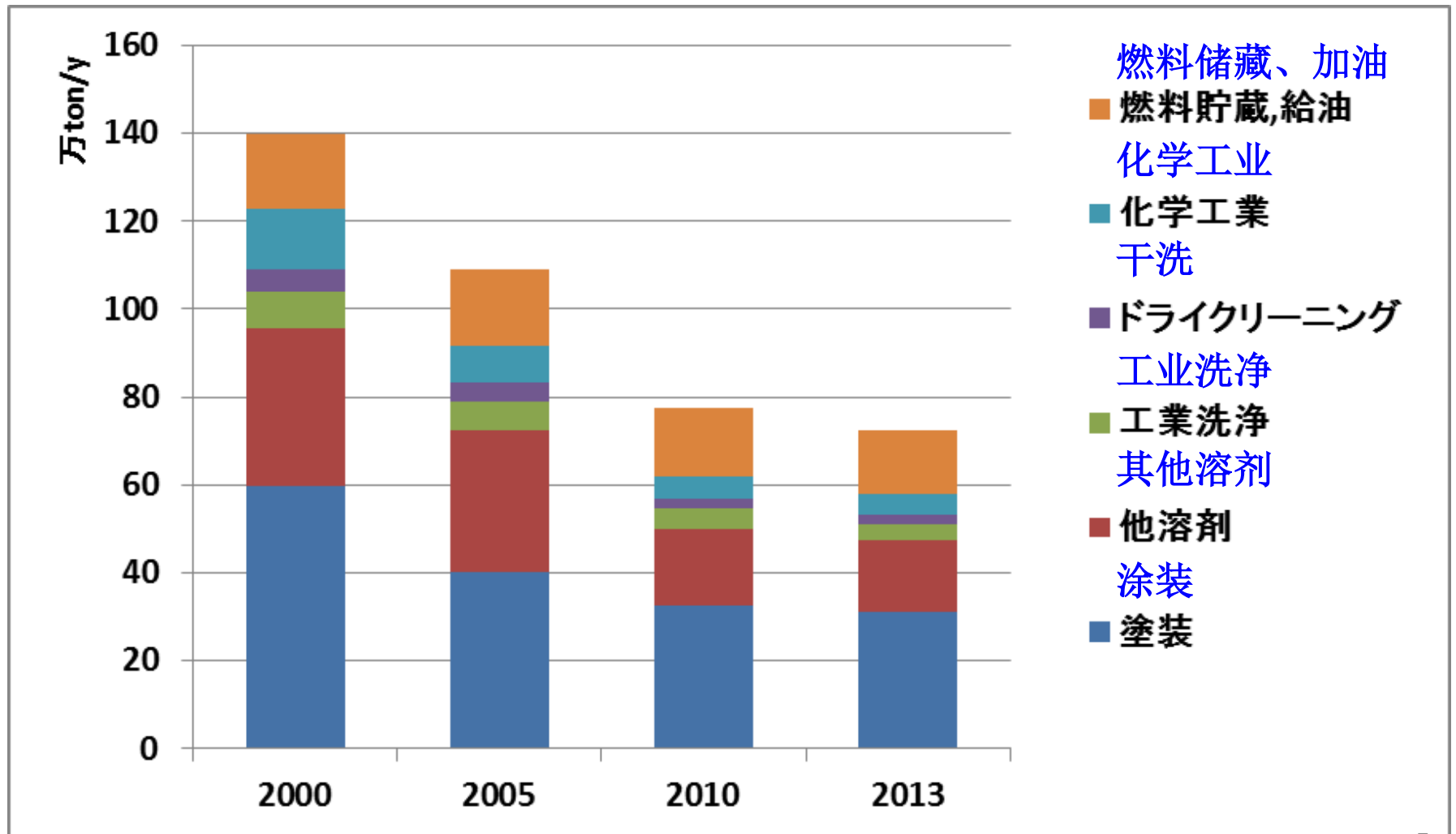
2013年度所有污染源共计79万t/y  
其他来自于植物的污染源大约200万t/y

| 污染源             | 1983 | 2000 | 2005 | 2010 | 2013 |
|-----------------|------|------|------|------|------|
| 塗装 涂装           | 40   | 37   | 33   | 38   | 40   |
| 他溶剤 其他溶剂        | 24   | 31   | 35   | 28   | 28   |
| 化学工業 化学工业       | 2    | 9    | 7    | 6    | 6    |
| 燃料貯蔵,給油 燃料儲藏、加油 | 10   | 11   | 14   | 18   | 19   |
| 自動車+燃烧系 汽车+燃烧类  | 24   | 13   | 11   | 9    | 8    |
| VOC全発生源 計       | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  |

VOV所有污染源 合计

# 日本VOC排放情况 蒸发污染源 2000—2013

## 涂料溶剂为最大的污染源



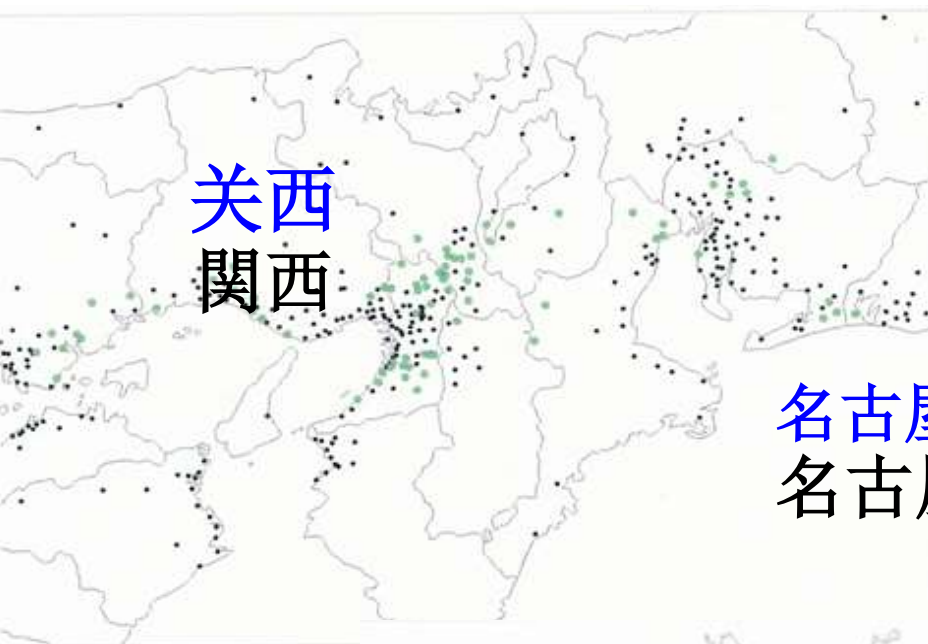
# 日本的VOC排放规定

- 蒸发类固定污染源规定 · 2004年大气污染防治法修订、2006（平成18）年4月开始规定
- 与自主减排措施相结合，在2010（平成22）年之前实现30%削减（与2000年比）
- 汽车排气规定一直不断强化
- 在重度污染地区自治体(县)通过条例进行规定（无罚则）东京都、大阪府等
- 横滨市，埼玉县等地一直以来通过指导纲要来进行指导与改善、实际排放削减效果显著

# 日本VOC规定制定经过与背景

1970年左右开始在东京都内等地方出现了光化学大气污染受灾情况,对健康影响较为严重。自1960年起,以四日市哮喘等为代表的工业城市重大SO<sub>2</sub>硫磺氧化物污染作为严重公害成为了社会问题。尽管如此,随着排放总量限制等一系列措施的导入和施行,通过提高烟筒的高度,进行燃料转换、引入脱硫装置,实现了SO<sub>2</sub>浓度降低,获得了OECD较高的评价,认为这是一项成功的环保措施。接下来的控制对象就是NO<sub>x</sub>。尽管NO<sub>x</sub>排放标准逐渐加强,但是对于超大城市的NO<sub>2</sub>污染,即便实施NO<sub>x</sub>总量排放控制,也难以解决。其次是PM粒子状物质以及光化学大气污染措施,由于光化学污染只限大城市区域,不能单纯地期待VOC的排放削减效果,因此没有对其进行规定。2000年左右在汽车沿路大气污染诉讼中,美国的PM<sub>2.5</sub>健康损害研究被作为证据采用,并明确PM<sub>2.5</sub>对健康有害,由于VOC对于二次粒子的生成作用较大,因此对VOC的规定进行了探讨。

# 光化学Ox警報0.12ppm以上天数分布 2013年度



关东地区10日以上  
测定点较多 (黄色地区)



# 日本VOC规定实施的契机是PM2.5对健康的影响

VOC+NO+太阳能→Ox

VOC+硫酸盐+硝酸盐+BC,OC→PM2.5

VOCは光化学スモッグの原因にもなります。

VOC是产生光化学雾的原因

光化学オキシダント (低層オゾンなど)

光化学氧化物 (低层臭氧等)



即便在农村也排放  
PM2.5

并排放CH4,VOC  
传统炉灶生物燃料



# 大气污染防治法的介绍

## VOC的定义

把被排放至大气中、或飞溅时气体有机化合物（不是生成浮游粒子状物质及氧化物的物质,在政府法律中规定的物质外）定义为挥发性有机化合物（VOC）

## 规定的实施对象

工厂·工厂所设置的装置中的VOC排放量较多,因此将这些极有必要依照规定使用的装置定义为“挥发性有机化合物排放装置（VOC排放装置）”

## 排放口浓度标准

VOC排放装置的排放口VOC浓度的容许限度规定为排放标准,并有义务遵守其排放标准

## 措施准则

VOC排放规定与企业自主的采取措施进行合理地结合,可有效地控制排放

## VOC规定概要 续

- 装置申请义务：设置VOC排放装置或对装置改造时，有义务向都道府县知事提出申请
- 既有设施的申请：关于既有设施的VOC排放装置，自规定施行之日(2006.4.01)起30日内应提出申请
- 排放口浓度标准：VOC排放装置的排放口VOC浓度容许限度定为排放标准，并有义务遵守
- 改善命令：都道府县知事认为不符合排放标准时，提出申请相关计划变更命令或结构等完善命令等
- 检测义务：应进行VOC排放装置中VOC浓度检测及记录
- 罚则：如违反计划变更命令及完善命令，设定1年以下惩罚或100万日元以下的罚金等罚则

## 规定范围内的装置2种涂装相关装置

| 挥发性有机化合物排放设施    | 规模条件                                | 排放标准      |    |          |
|-----------------|-------------------------------------|-----------|----|----------|
| 涂装设施（仅限喷涂）      | 排风机功率<br>100,000m <sup>3</sup> /h以上 | 汽车生产      | 既有 | 700ppmC  |
|                 |                                     |           | 新设 | 400ppmC  |
|                 |                                     | 其他        |    | 700ppmC  |
| 涂装干燥设施（仅限喷涂、电镀） | 排风机能力<br>100,000m <sup>3</sup> /h以上 | 木材与木制品的生产 |    | 1000ppmC |
|                 |                                     | 其他        |    | 600ppmC  |

環境省 VOC対策

<https://www.env.go.jp/air/osen/voc/seido/001.pdf>

溶剂使用与化学产品生产装置 3000m<sup>3</sup>/h以上

印刷干燥装置 (胶印轮转印刷机) 7000m<sup>3</sup>/h以上

印刷干燥装置 (照相凹版印刷) 27000m<sup>3</sup>/h以上

粘结材料干燥设施 15000m<sup>3</sup>/h以上

印刷电路用覆铜板等制造、干燥设施 5000m<sup>3</sup>/h以上

工业产品、清洗、干燥设施清洗剂空气接触5m<sup>2</sup>以上

燃料等储罐 1000kl以上 现有储存罐2000kl以上

# VOC措施与主动采取的措施

## 主动采取措施

规定范围之外的装置由企业主动采取相应措施  
由行业组织推进其措施的实施

与规定有所不同,未对设备规模进行要求,装置种类进行指定  
在规定范围与装置同型的情况下,规模条件以下的装置  
规定范围外种类的装置  
在溶剂清洗以及工作间管理方面采取措施等

## 行业组织的主动采取措施的成果报告

经济产业省从行业组织收集主动采取措施的成果报告(采取措施后的各个地区·收集各物质VOC排放量对实施情况与效果进行确认)

# VOC行政措施的推进

## 措施促进行政措施

地方经济产业局、县、行业组织中的涂装企业VOC对策研讨会 每年在各地实施

为针对行业组织未加盟企业推进其措施，设置VOC自主活动援助体系

派措施指导员到中小企业进行指导，并提供建议

措施指南、指导书的完善

例：东京都VOC措施指南 工厂内编 建筑与土木工程编

## 行业团体开展的工作

环境委员会等进行措施研讨、对会员提供技术指导建议

## 规定的修改

根据5年实施情况,对环境标准的实施情况进行评估,2011年左右进行了修订,虽然未达到标准,但是对规定进行了强化。

# 涂料溶剂物质分类

|      |              |
|------|--------------|
| 芳香族类 | 甲苯           |
|      | 二甲苯          |
|      | 乙苯           |
| 酒精类  | 异丙醇酒精        |
|      | 丁醇           |
| 酮类   | 甲基乙基丙酮       |
|      | 甲基异丁基丙酮      |
| 醋酸酯类 | 醋酸乙酯         |
|      | 醋酸丁酯         |
| 石油类  | 不可分类的石油类混合溶剂 |
| 其他   | 涂料溶剂中非特定性物质  |

# VOC的浓度标准值

## 室内浓度指标、作业环境标准、防恶臭法

| 挥发性有机化合物 | 室内浓度指针数值                      | 作业环境标准<br>管理浓度 | 恶臭防治法<br>相当于臭气强度3 | 致癌性 | 对人体影响                 |
|----------|-------------------------------|----------------|-------------------|-----|-----------------------|
| 甲苯       | 260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  | 20ppm          | 30ppm             | 3   | 神经行动机能低下<br>生殖机能低下    |
|          | (0.07ppm)                     |                |                   |     |                       |
| 二甲苯      | 870 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  | 50ppm          | 2ppm              | 3   | 对新生儿的中枢神经发育<br>造成不良影响 |
|          | (0.20ppm)                     |                |                   |     |                       |
| 乙苯       | 3800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 无标准            | 无标准               | -   | 肝、肾脏功能下降              |
|          | (0.88ppm)                     |                |                   |     |                       |

\*：臭氧浓度为3（规定标准的中间值）的物质浓度ppm

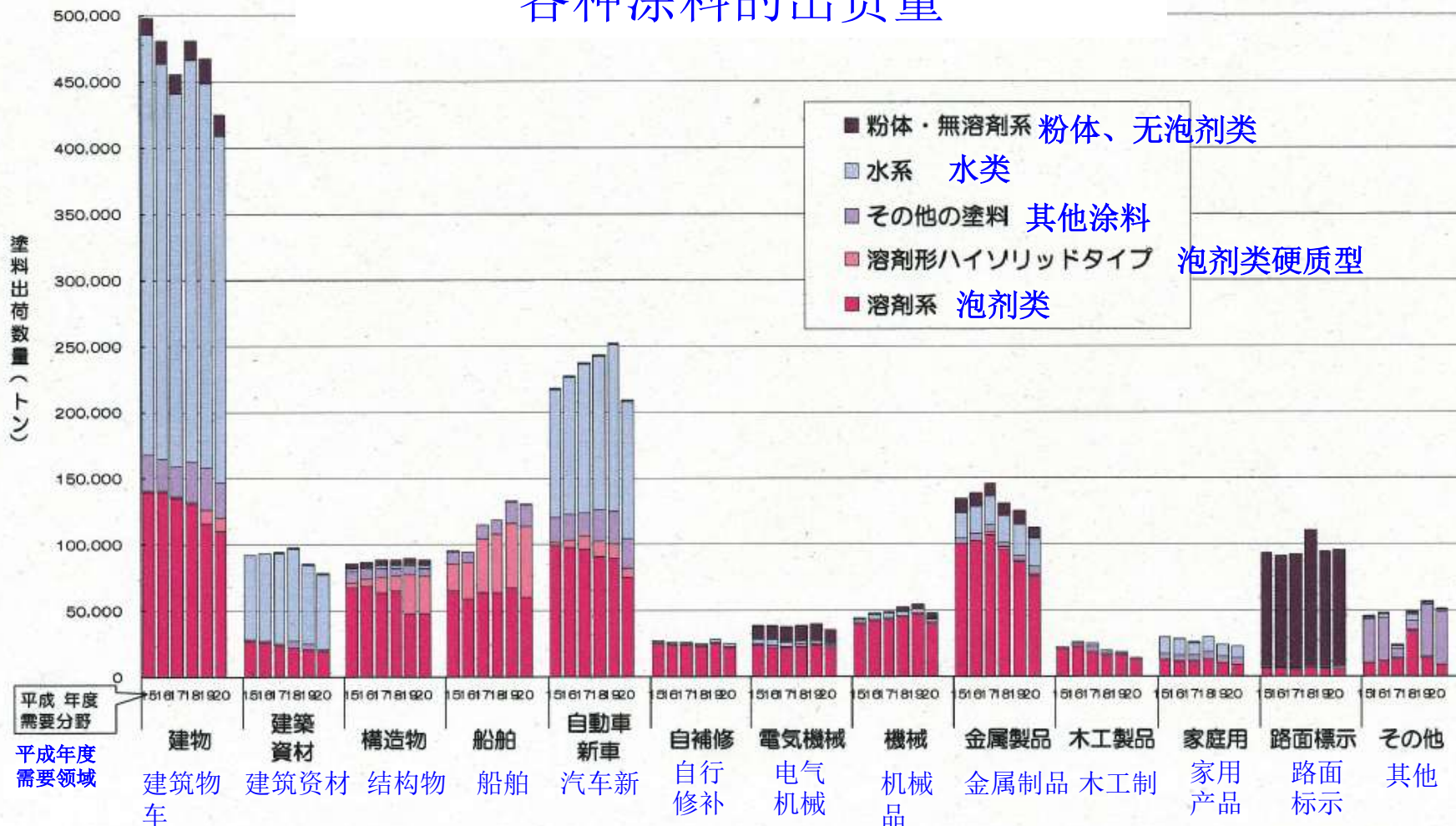


# 涂料出货量 塗装VOC排出量

## 塗料タイプ別 出荷量

### 各种涂料的出货量

排放出货量 (吨)



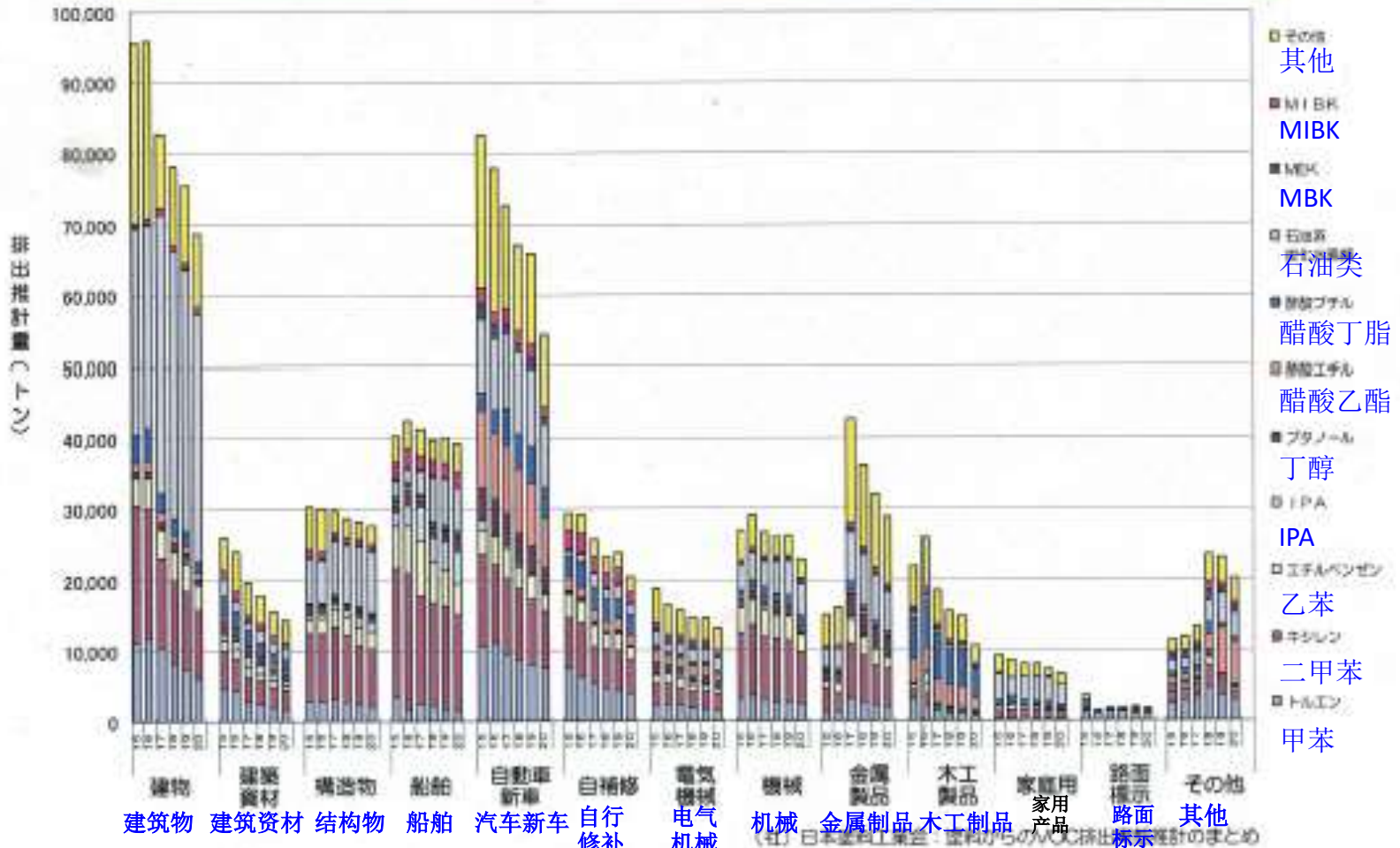
(社) 日本塗料工業会：塗料製造業実態調査から

(社) 日本塗料工業会：塗料中VOC排放情况推测汇总

# 涂装VOC排放量

## 各领域大气中VOC排放推测量

排放出货量(吨)

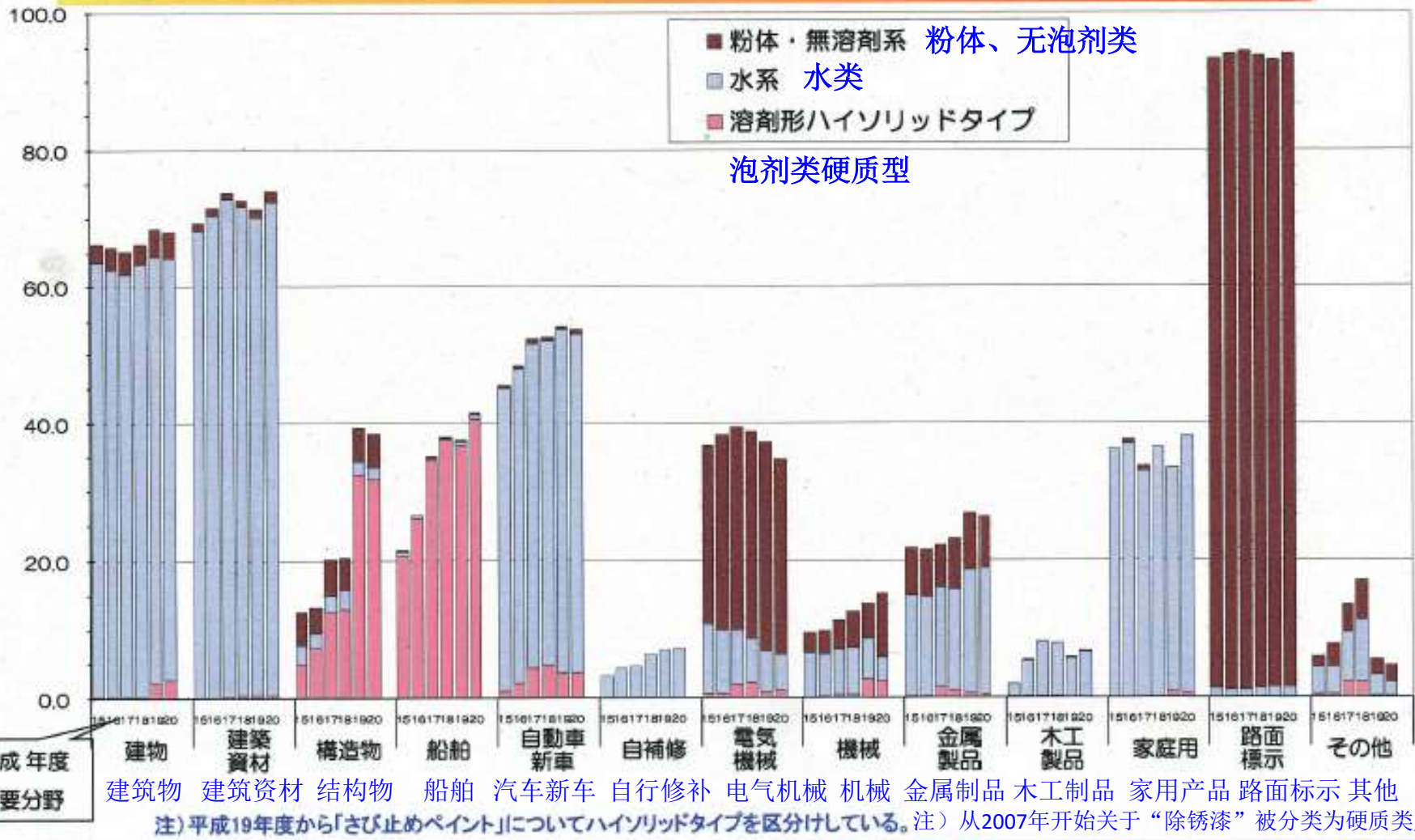


(社)日本涂料工業会: 涂料中VOC排放情况推测汇总

# 低排放涂料比率

低VOC涂料比率(%)

平成年度  
需要領域



移行傾向：水系化 水系化 HS化 HS化 水系化 水系化 無溶剤化 無溶剤化 水系化 水系化 水系化 無溶剤化

(社) 日本塗料工業会：塗料からのVOC排出実態推計のまとめ

变化倾向：水系化、水系化、HS化、HS化、水系化、水系化、无溶剂化、HS无溶剂化、无溶剂化、水系化、水系化、水系化、无溶剂化

(社) 日本塗料工業会：塗料中VOC排放情况推测汇总

# 涂装VOC排放量的推测方法

掌握各种涂料的消耗量是基础

根据涂料中溶剂含有率与稀释溶剂量计算VOC排放量

如通过处理装置进行除去，则减去除去量

也推测洗净溶剂量

# 各需求领域、各物质的详细情况

对各需求领域、各涂料种类、涂料使用量进行调查  
(涂料工业会调查)

对涂料种类、溶剂种类、溶剂含有量构成比进行调查  
(涂料生产商)

对各溶剂种与稀释溶剂稀释率进行调查  
(涂装企业)

在汽车生产工厂的车体涂装过程中，干燥炉设置了处理装置，因此对除去率进行调查并计算除去量

在日本的VOC排放量调查中，涂料工业会作成必要的  
数据并提供给政府

# 塗料的需求領域

|    |       |   |
|----|-------|---|
| 1  | 建物    | ビル・戸建住宅・集合住宅・工場建屋・病院・学校・ガソリンスタンド等の現場塗装用(新設、補修を含む)             |
| 2  | 建築資材  | 各種建築用資材の工場塗装用(サッシ、建具、各種ボード、無機建築材等を含む)(PCM(プレコー)鋼板)は除く)        |
| 3  | 構造物   | 橋梁・土木(コンクリート防食を含む)・プラント・海洋構造物・水門・鉄塔・大型パイプ・プール等の新設、補修          |
| 4  | 船舶    | 船舶の新造、補修(積込み用を含む)(造船所の陸機用及び製鉄所向けのショププライマーを除く)                 |
| 5  | 自動車新車 | 乗用車・トラック・バス・オートバイ(部品を含む)                                      |
| 6  | 自動車補修 | 同上の補修、塗り替え  |
| 7  | 電気機械  | 家庭電機・重電機・電子機器・事務用機械・通信機・計測器・冷凍機・照明器具・自動販売機・コンピュータ関連機器等(部品を含む) |
| 8  | 機械    | 産業機械・農業機械・建設機械・鉄道車両・航空機等(部品を含む)                               |
| 9  | 金属製品  | PCM・金属家具・コンテナ・ガードレール・自転車部材・フェンス・食缶・ドラム缶・ボンベ・ガス器具・石油ストーブ等      |
| 10 | 木工製品  | 合板(建物の現場施工用を除く)・家具・楽器等  |
| 11 | 家庭用   | 家庭用品品質表示法に基づく表示をした塗料  |
| 12 | 路面標示  | トラフィックペイント  |
| 13 | その他   | 皮革・紙用を含む  |

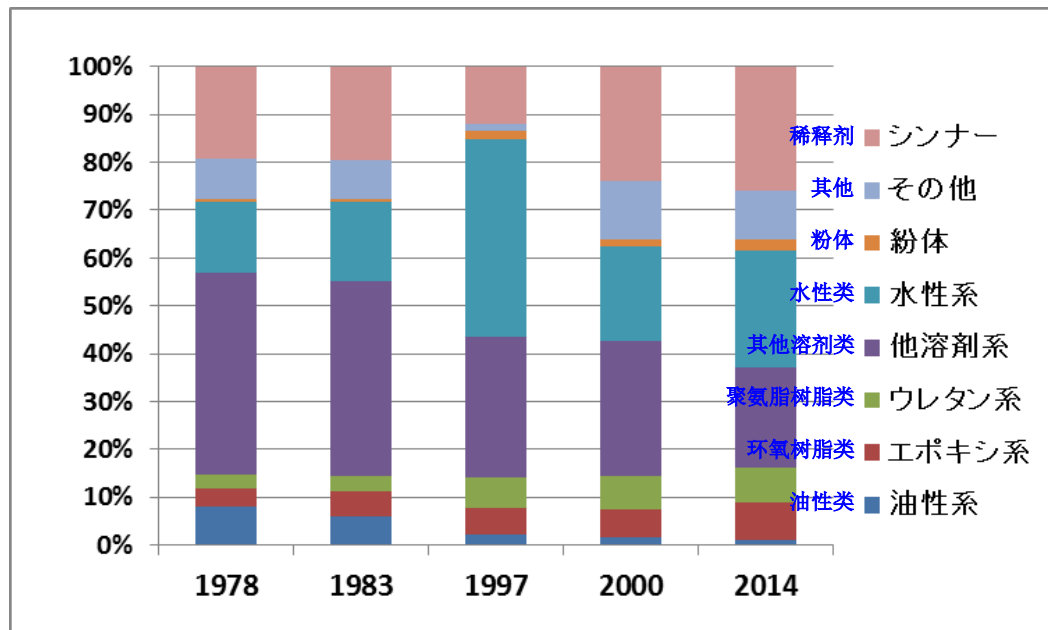
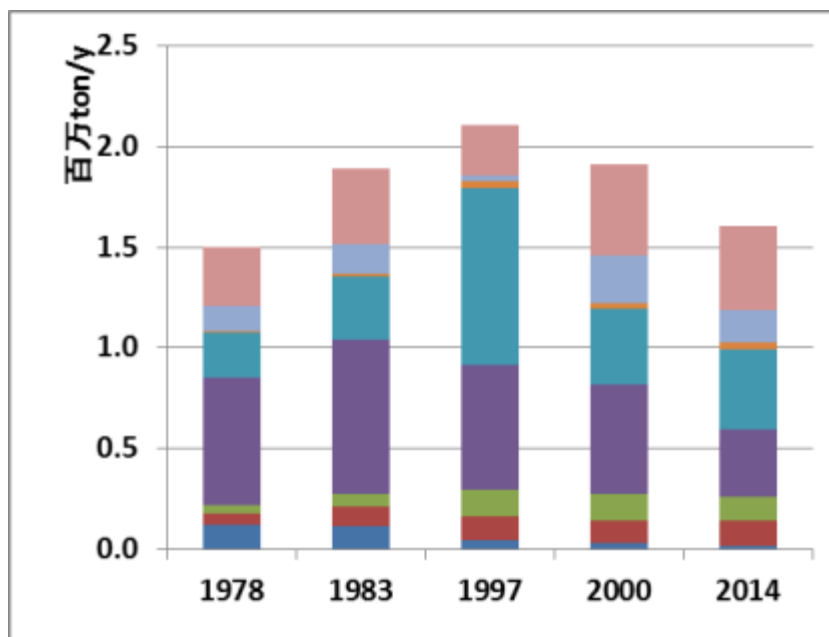
# 涂料需求领域 中文翻译

| 需求领域 |          | 内容  |
|------|----------|---|
| 1    | 建筑物      | 楼房、单体住宅（别墅）、集中式住宅（小区住宅）、工厂厂房、医院、学校、加油站等工地涂刷用（包括新建与修补）                           |
| 2    | 建筑材料     | 各种建筑材料在工厂涂刷时用，包括窗框，门窗隔扇(日式房屋中起间隔作用的窗、门、拉门、隔扇等)，各种板材，无机建筑材料。（PCM（已经完成涂装加工的钢板）除外） |
| 3    | 结构型建筑物   | 桥梁、土木工程（包括混凝土防蚀）、成套工厂设备、海洋建筑物、水闸、铁塔、大型管道、游泳池等的新建与修补                             |
| 4    | 船舶       | 船舶的新建、修补（包括装载）（造船厂的陆机用及用于炼铁厂的底漆除外）  |
| 5    | 汽车（新车制造） | 轿车、货车、公交车及部分摩托车   |
| 6    | 汽车修补     | （同上）车辆的修补、车漆修补  |
| 7    | 电气机械     | 家用电器、重型电机、电子器械、办公器械、通讯器械、计测器、冷冻机、照明器具、自动贩卖机及部分电脑用品等。                            |
| 8    | 机械       | 生产用机械、农业机械、建造用机械、铁道车辆及部分航空用机械。  |
| 9    | 金属制品     | PCM、金属家具、集装箱、护栏与护轨、自行车配件、围栏、食品罐、大型圆铁桶（汽油桶等）、液化气罐、天然气器具、煤油取暖炉                    |
| 10   | 木工制品     | 胶合板（建筑工地施工用除外）、家具、乐器等   |
| 11   | 家庭用      | 按照家庭用品品质表示法做了标示的涂料  |
| 12   | 路面标识     | 交通标志线涂料   |
| 13   | 其他       | 包括皮革用、纸用  |

涂料产量推移 1997年产量最大 随着VOC防止措施的实施而减少

2014年度 161万t/y

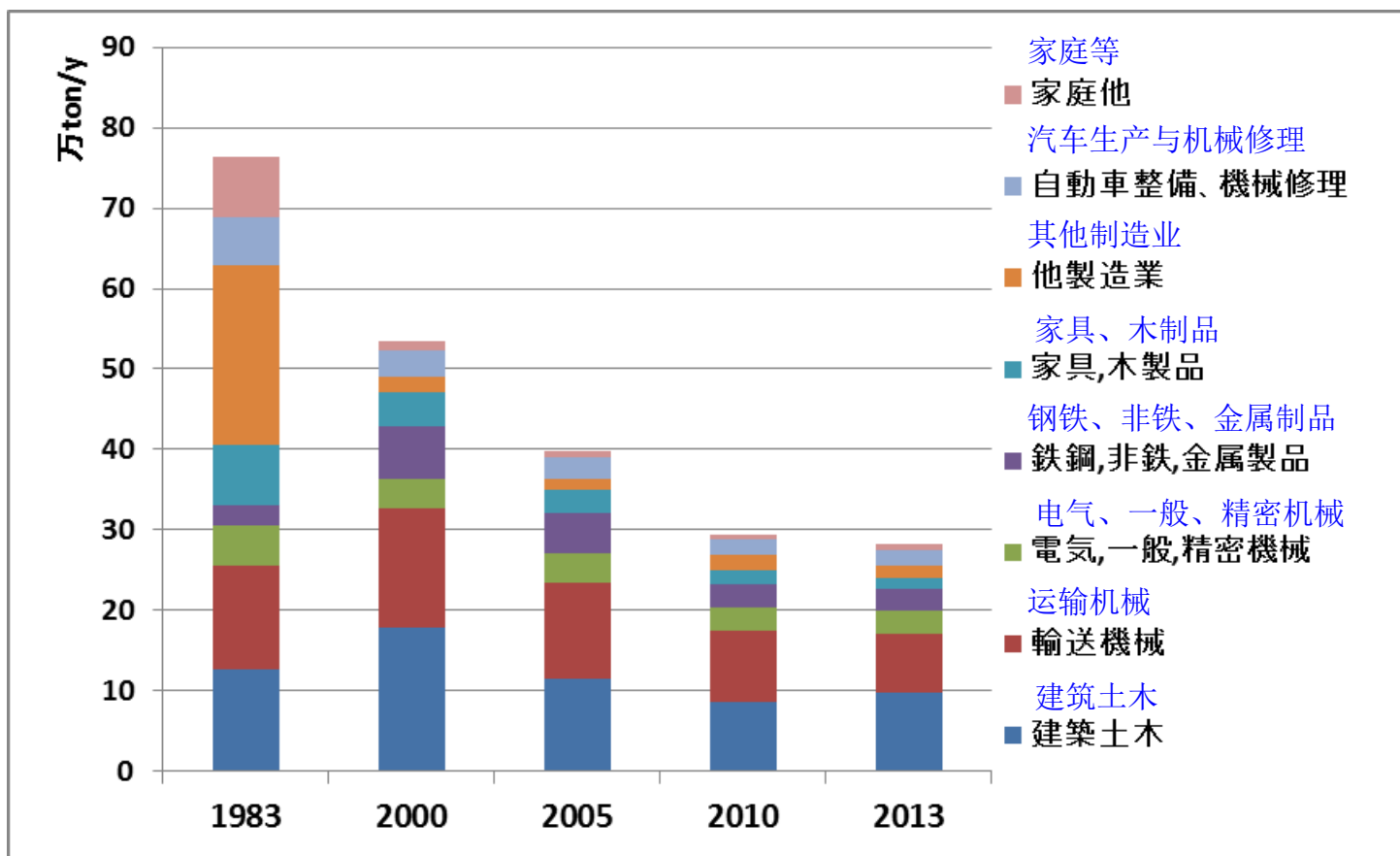
油性减少，水性、环氧树脂系、聚氨酯树脂系增加



图表的出处: excel表 涂料产量19782014.xls



涂装VOC排放量的变化 从规定实施开始前削减  
 2013年度涂装VOC排放量与2000年相比削减47%  
 2010年30%削减目标实现后没有再减少：  
 进一步的措施停滞十大地震复兴工程的影响



## 涂装VOC排放情况 各种物质

整体而言，材料使用量有所减少

如今虽然芳香族类产品较多，但是二甲苯、甲苯的使用量正在急速减少，正在逐步替代乙苯、石油类溶剂。

由于整体使用量有所减少，因此排放量没有增加

丙醇酒精的使用量有所减少

乙酸丁酯的使用量微增

# 涂装VOC排放情况 各行业 2013年度

|               |     |
|---------------|-----|
| 运输用机械（汽车）     | 26% |
| 建筑工程          | 25% |
| 土木工程          | 9%  |
| 金属产品          | 8%  |
| 汽车整備、一般机械、家具等 |     |

# 涂装VOC排放削减措施

涂料消耗量的削减： 提高涂装效率

溶剂消耗量的削减： 转用低排放涂料 油类→水类

转为使用环保溶剂： 例： 甲苯→其他石油类

导入处理装置： 燃烧、吸收、（浓缩）

作业场地采取的各种措施： 洗净溶剂的削减等各种措施

在作业场采取各种措施： 采用涂装盘等方法转变为工厂涂装

工程现场涂装量的削减： 通过基盘施工方法等转变为工厂涂装

转为不需要涂装的工艺： 建设材料、工业制品材料的转换

## 转为低VOC涂料

溶剂系涂料（无措施）的VOC含有率为30~60、稀释溶剂率 8~46%

水性涂料 VOC率7%以下、酒精类（低环境影响物质）、不需要稀释溶剂（水稀释）

在日本建筑外装工程涂装的70%以上为水性涂料

粉体涂料 VOC率0.5%以下、静电涂装、热处理 不需要稀释溶剂

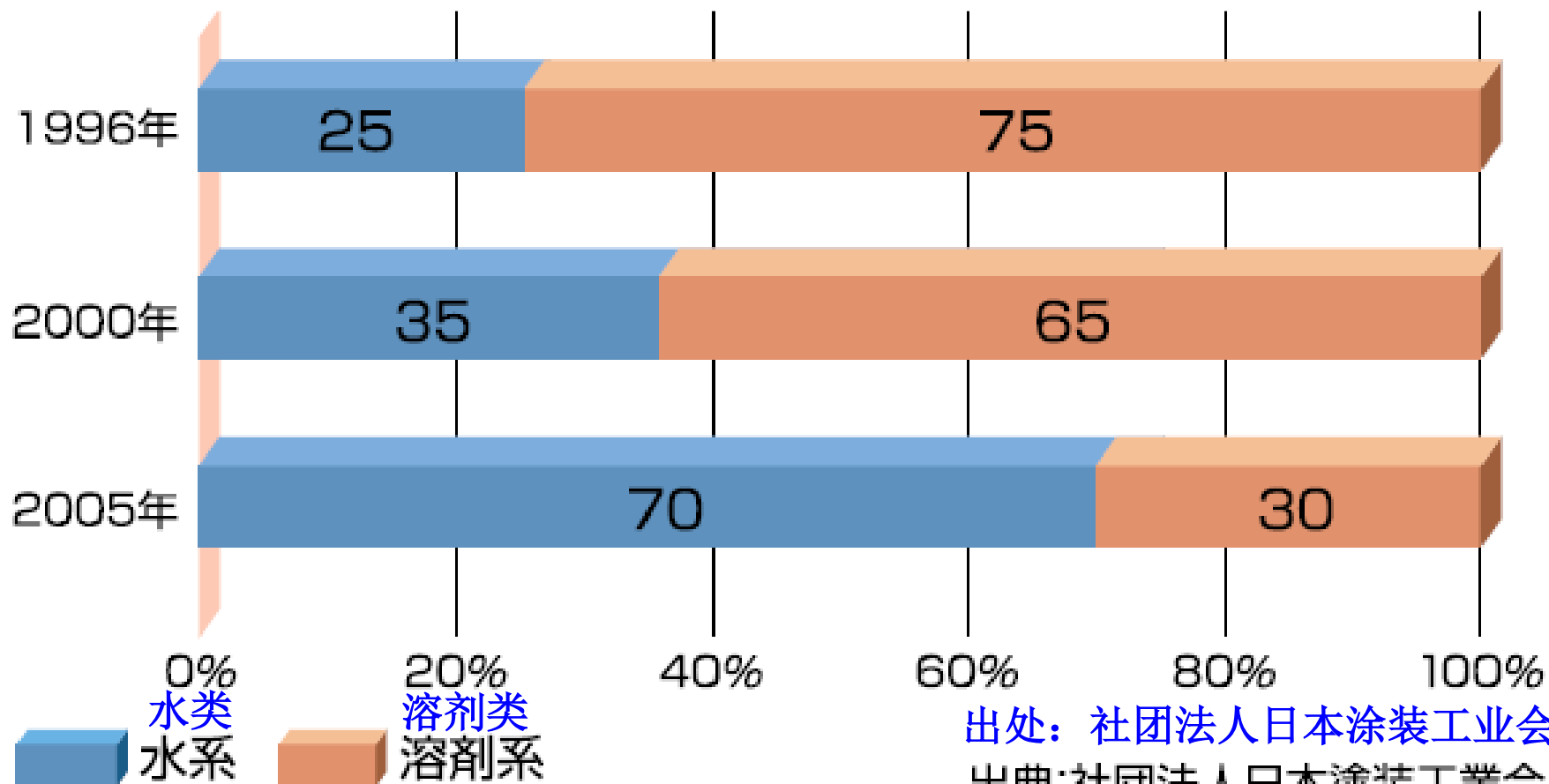
非溶剂涂料 VOC1%以下、稀释溶剂不要

高固体份涂料 VOC30%以下、稀释率5%以下

高固体份类产品属于粉体,与水性产品相比VOC排放量较多,是一种较为容易推广的涂料 削减效果不明显

# 通过推广水溶性涂料，VOC排放正在削减

## 外壁涂装实例：水溶性涂料构成比与经过变化



# 涂装效率的提高

静电涂装 铃型静电涂装装置（低压）、无空气静电喷嘴（高压）的涂装效率超过**80%**

变为喷枪

采用涂装效率更高的喷枪

采用颜色更换时溶剂使用量较少的喷枪

合理的涂料喷涂量、合理的溶剂稀释率的设定

涂装条件的合理化

喷涂角度 在涂装面垂直化 减少**30%**以上

减少喷涂宽度 减少**20%**以上

雾化气压降低 减少**15%**以上

喷涂距离的缩短与固定化 减少**12%**以上

机器人的导入：汽车、大型机械涂装等

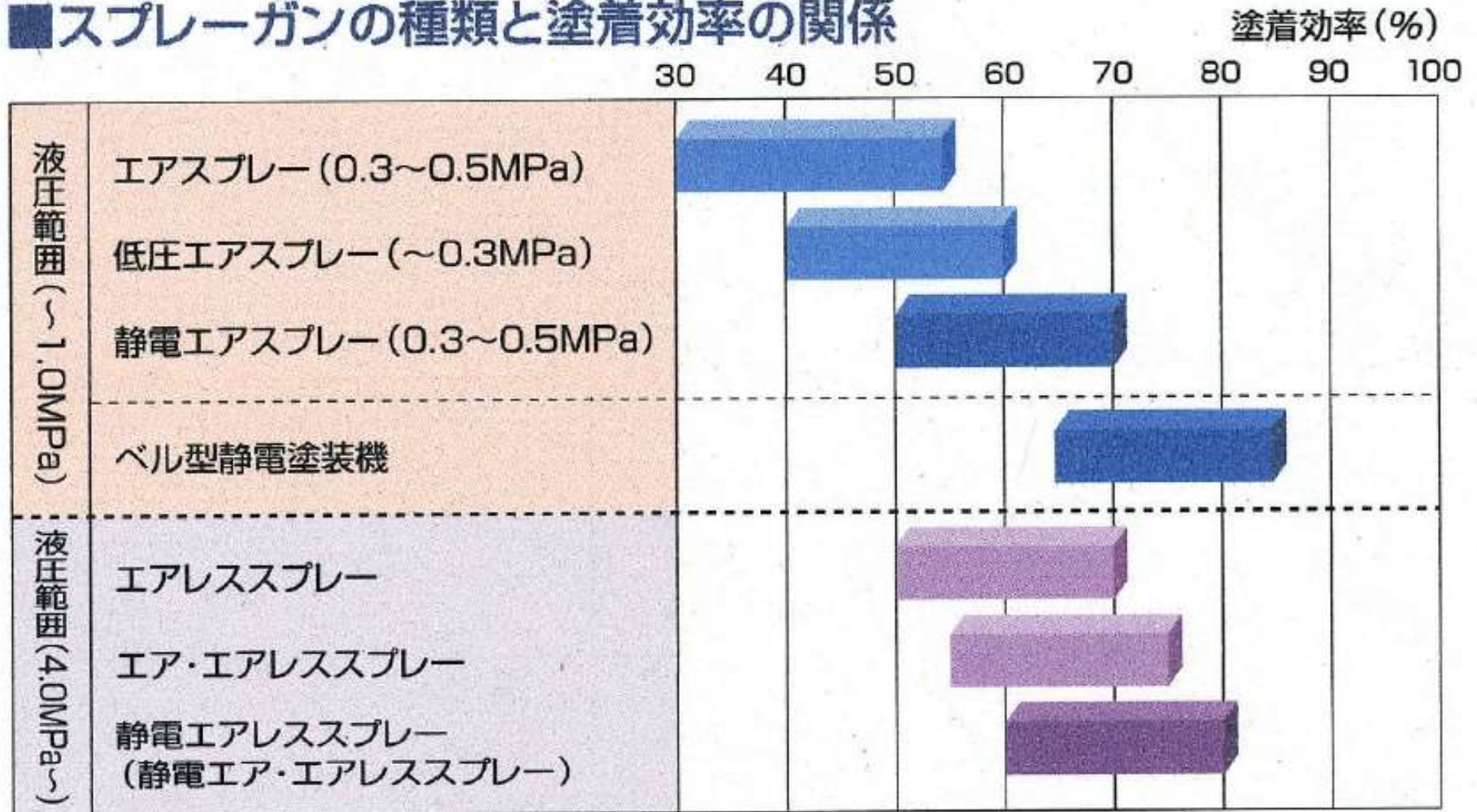
高温高湿度地区、寒冷地区进行涂装空间温湿度管理

也应避免沙尘暴日

# 噴塗塗装効率図

## スプレー塗装効率図

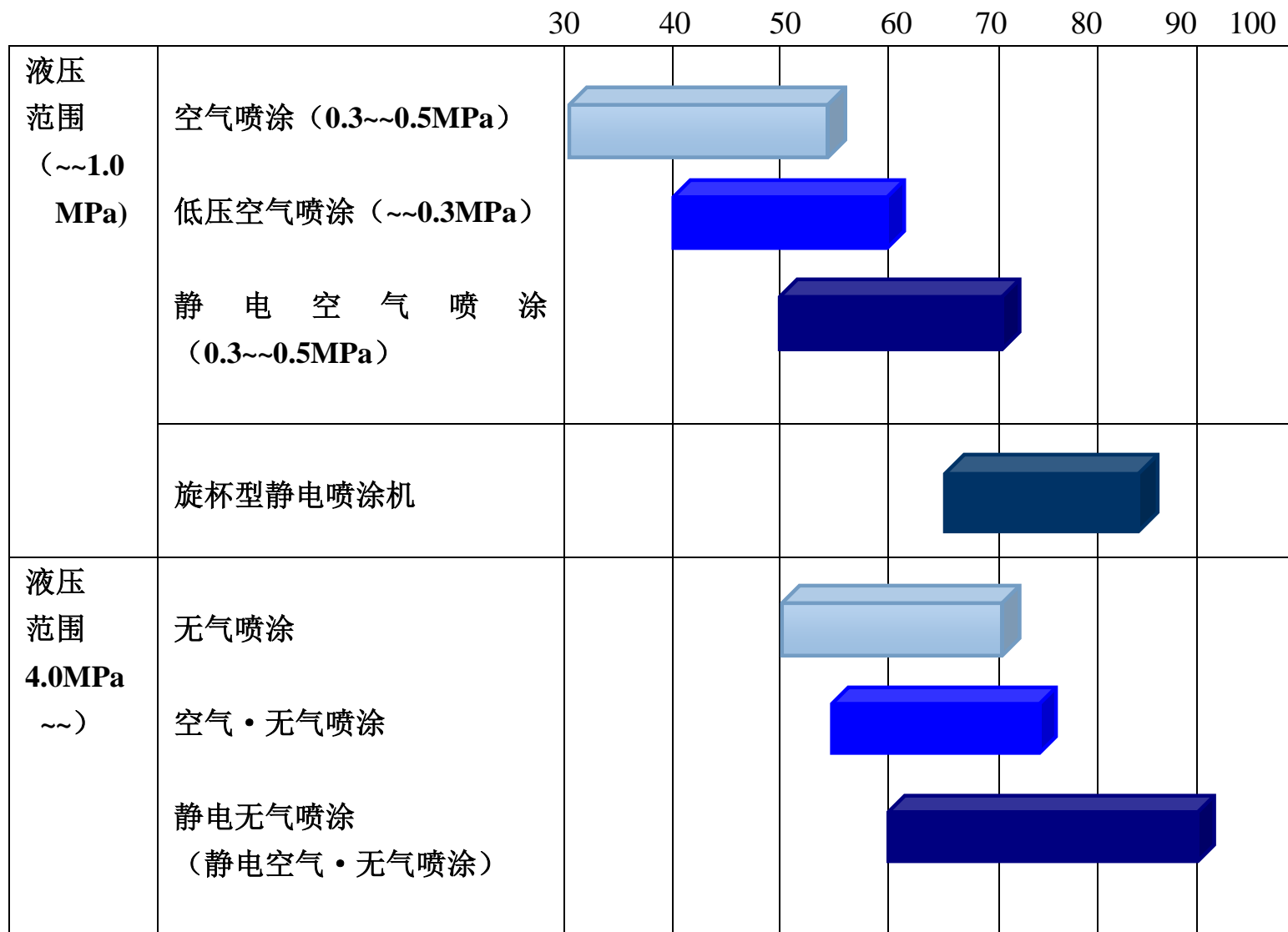
### ■スプレーガンの種類と塗着効率の関係





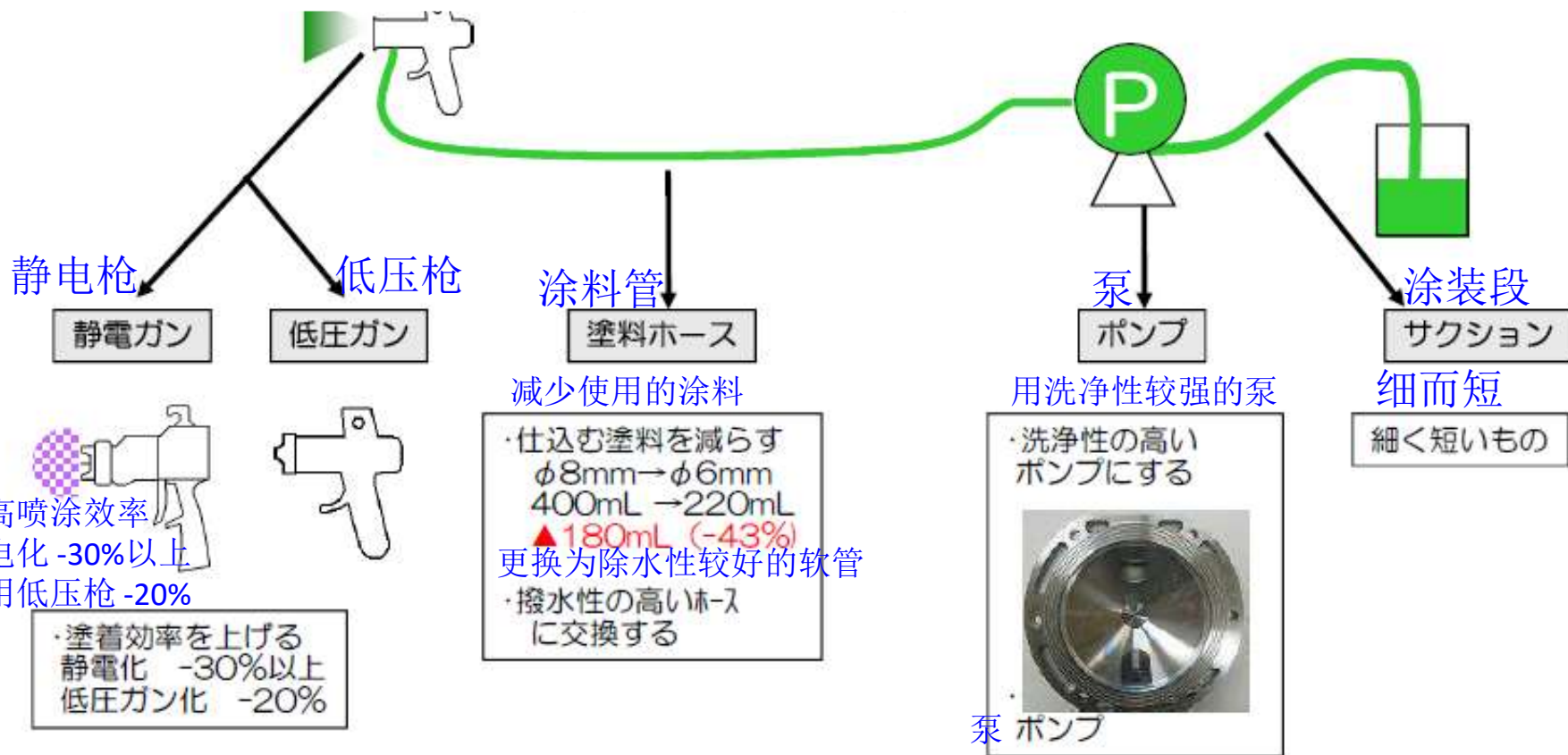
# 喷枪种类喷涂效率关系

## 喷涂枪的种类与效率的关系



# 吹付塗装VOC排放控制技术

## 针对涂装喷枪、涂料管、泵的相关措施



# 通过改变涂装喷涂角度来提高效率 如果垂直喷涂则更为有效









喷涂角度 45°  
涂装效率26%  
光泽度37%  
膜厚 16μm



喷涂角度 90°  
涂装效率43%  
光泽度94%  
膜厚 23μm

# 洗净性较好的泵

# 换色 · 溶剂量的削减

|                        | 小型隔膜泵  | 中型隔膜泵  | 中型隔膜泵  |
|------------------------|--|--|--|
| 隔膜泵形式<br>ダイヤフラムポンプ型式   | 小形ダイヤフラムポンプ<br> | 中形ダイヤフラムポンプ<br> | 中形ダイヤフラムポンプ<br> |
| 隔膜室内加工<br>ダイヤフラム室内仕上げ  |                 |                 |                 |
| 泵的性能力<br>(ml/cycle)    | 20   | 50   | 150  |
| 所需洗净液の削減率<br>所需洗净液的削减率 | ▲10~25%  | ▲10~25%  | ▲10~25%  |

# 软管的种类与内径变更 涂料使用量的削减

【软管的长度】

| 【ホースの長さ】 | 以往   | 改善后  |
|----------|------|------|
| 従来       |      | 改善後  |
| 长度長さ     | 5m   | 4m   |
| 塗料使用量    | 280g | 250g |

涂料的使用量

【软管的种类】

| 【ホースの種類】 $\Phi 8-6\text{mm}$ | 以往       | 改善后      |
|------------------------------|----------|----------|
| 软管种类                         | 従来       | 改善後      |
| ホース種類                        | 聚氨酯 ウレタン | 特氟龙 テフロン |
| 塗料使用量                        | 280g     | 129g     |

涂料的使用量

【ホースの種類&内径】 【软管种类&内径】

| 【ホースの種類&内径】 | 以往                  | 改善后                 |
|-------------|---------------------|---------------------|
| 软管种类        | 従来                  | 改善後                 |
| ホース種類       | 聚氨酯 ウレタン            | 特氟龙 テフロン            |
| 内径          | $\Phi 8-6\text{mm}$ | $\Phi 6-4\text{mm}$ |
| 塗料使用量       | 280g                | 61g                 |

涂料的使用量

■ 塗料使用量 (=コスト) 削減  
 塗料使用量 (=成本) の削減

# 处理设施 有其他蓄热燃烧法

| 处理方法   | 導入できる工程      | 処理方法の特徴  |
|--------|--------------|--|
| 直接燃烧法  | セッティング、乾燥    | 650～800℃で処理を行う方法で処理効率が高く、高濃度（1,000ppm以上）のVOCに適しています。ランニングコスト（燃料費）がかかります。       |
| 触媒燃烧法  | セッティング、乾燥    | 触媒を用いて、200～350℃の低温で処理を行います。処理効率も高く、燃料費も直接燃烧法より低く抑えられますが、触媒の劣化が分かりにくいなどの点があります。 |
| 活性炭吸着法 | 塗装、セッティング、乾燥 | 処理（回収）能力は90%以上ですが、活性炭の定期的な交換が必要です。VOC対策とともに <b>悪臭対策</b> も兼ねることができます。           |
| 生物処理法  | 塗装           | 燃烧法や活性炭吸着法に比べ、処理効率は高くありませんが、コスト（イニシャル、ランニング）を低く抑えられます。                         |

处理设施 中文翻译 处理方法中文.doc  
 根据ppt 做成横长形式

# 处理设施 处理方法

| 处理方法   | 可以导入的工序        | 处理方法的特征   |
|--------|----------------|---|
| 直接燃烧法  | 硬化<br>烘干       | 650--800℃ 高温处理的方法效率高, 适用于高浓度(1, 000ppm 以上)的 VOC。需要花费运营成本(燃烧费)。    |
| 催化剂燃烧法 | 硬化<br>烘干       | 利用催化剂, 采用 200--350℃ 的低温处理。效率较高, 相比直接燃烧法燃烧费用低。但是存在催化剂的劣化程度不易发现等缺点。 |
| 活性炭吸着法 | 喷涂<br>硬化<br>烘干 | 处理(回收)能力可达到 90% 以上, 但是必须对活性炭进行定期更换。不仅对 VOC 有效, 还可抑制恶臭。            |
| 生物处理法  | 喷涂             | 虽然不如燃烧法和活性炭吸着法效率高, 但初期和运营成本较低。                                    |

# 排气处理事例 除去率的标准

| 涂装工艺           | 排气处理方法  | VOC浓度        |        | 排气量                         |
|----------------|---------|--------------|--------|-----------------------------|
|                |         | VOC浓度 (ppmC) |        |                             |
| 涂装工程           | 排ガス処理方法 | 处理装置入口       | 处理装置出口 | 排ガス量 (Nm <sup>3</sup> /min) |
| 涂装室<br>+ 烘干炉   | 触媒燃焼法   | 3 1 0 0      | 9 0    | 3 0 0                       |
| 涂装ブース<br>+ 乾燥炉 | 活性炭吸着法  | 2 0 0        | 6 2    | 1 2 0                       |
| 涂装室            | 活性炭吸着法  | 6 4 4        | 4 4    | 7 4                         |
| 涂装ブース          | 活性炭吸着法  | 1 6 8        | 9 2    | 3 1 5                       |
| 涂装室            | 活性炭吸着法  | 4 8 4 0      | 1 1    | 2 9                         |
| 涂装ブース          | 直接燃焼法   | 4 0 8        | 4      | 7 0                         |
| 涂装室            | 触媒燃焼法   | 7 0          | 4      | 2 2 2                       |

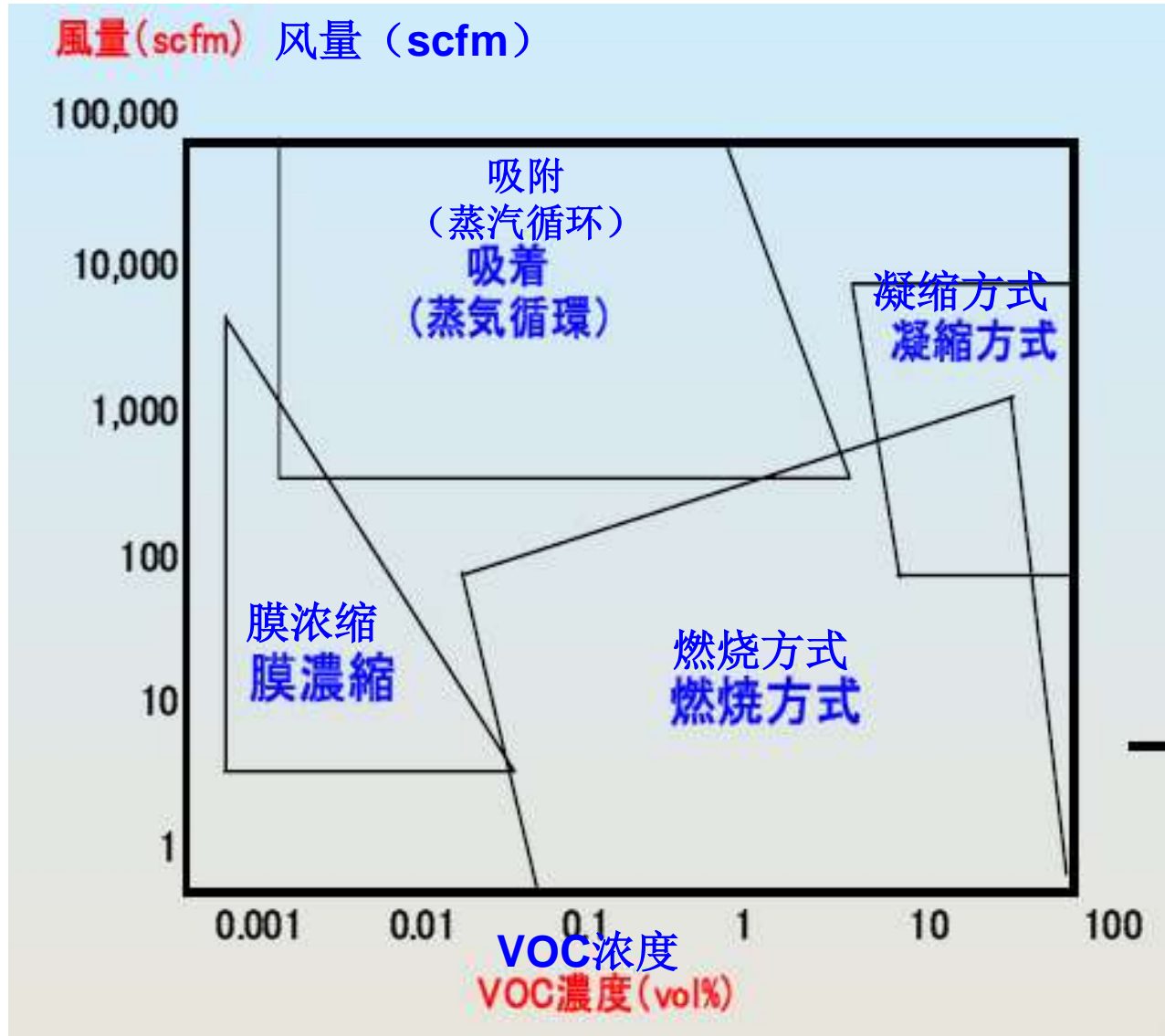
JPMS2004.7

揮発性有機化合物(VOC)排出抑制検討会(環境省)P145、平成15年12月より

出处: 挥发性有机化合物(VOC)排放控制研讨会(环境省) P145、  
2003年12月



# 处理除去装置方式 通过排放气体浓度与风量进行选择



# 包含涂装以外的一般处理除去设施



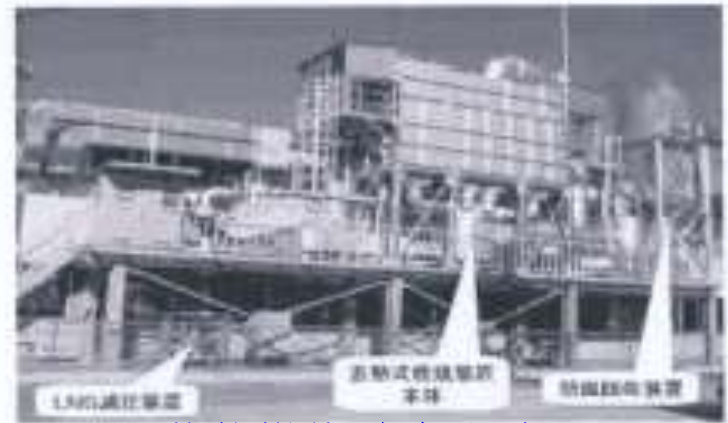
触媒燃烧方式 触媒燃烧方式



活性炭吸附方式 活性炭吸着方式

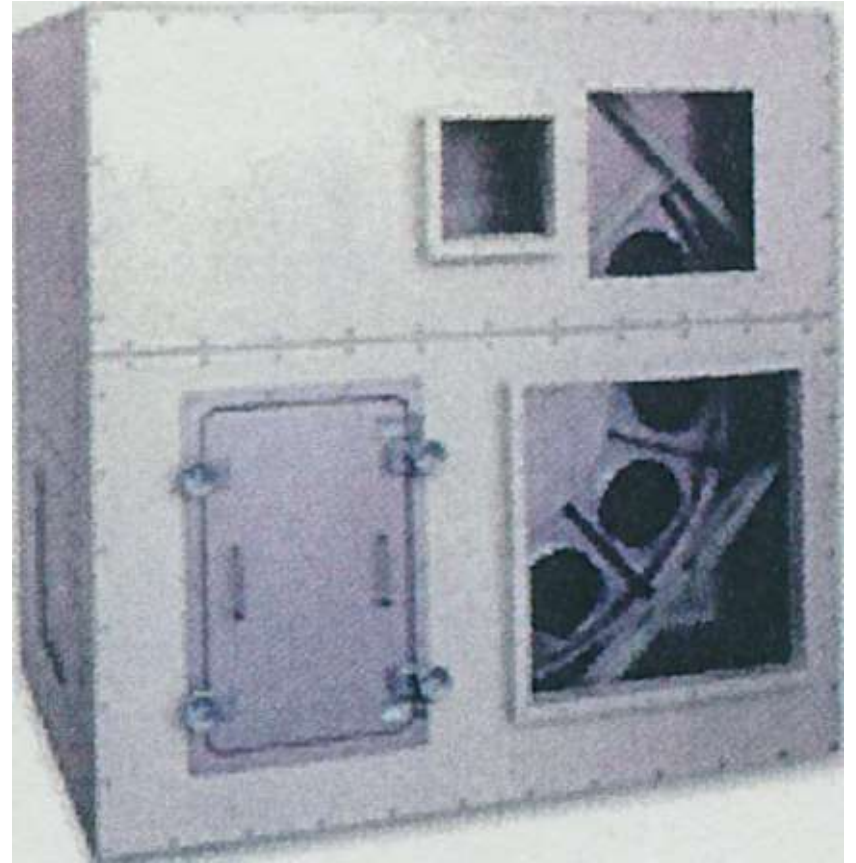
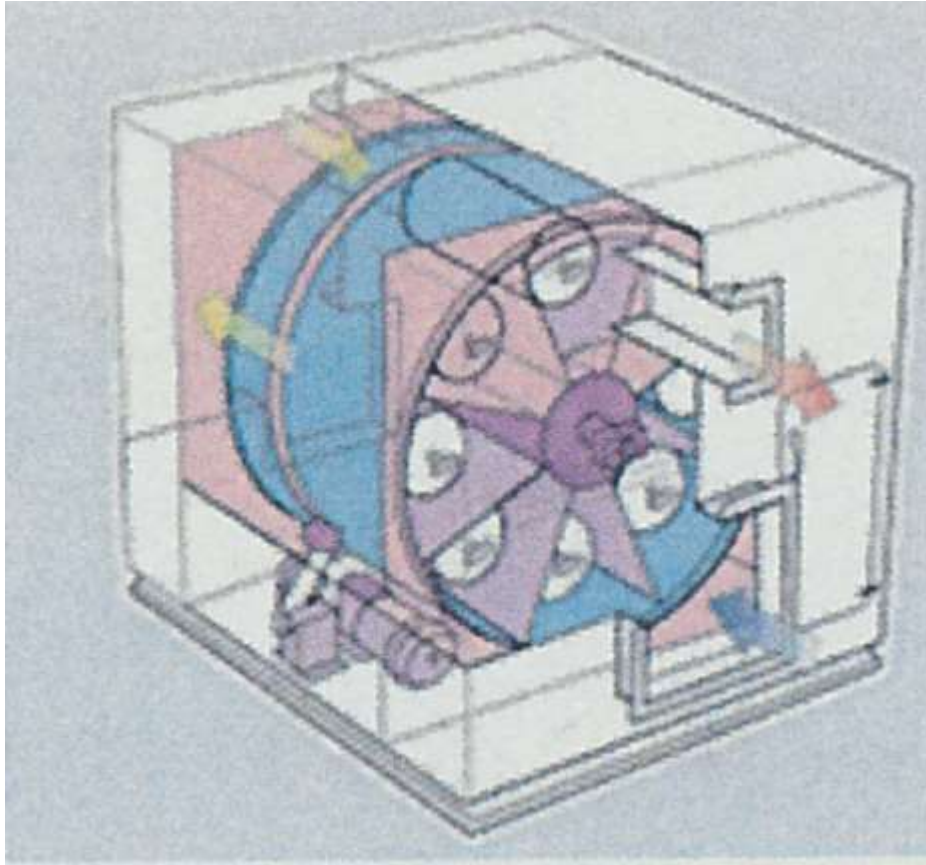


循环吸附方式（化学试剂）  
サイクロン吸着方式（薬液）



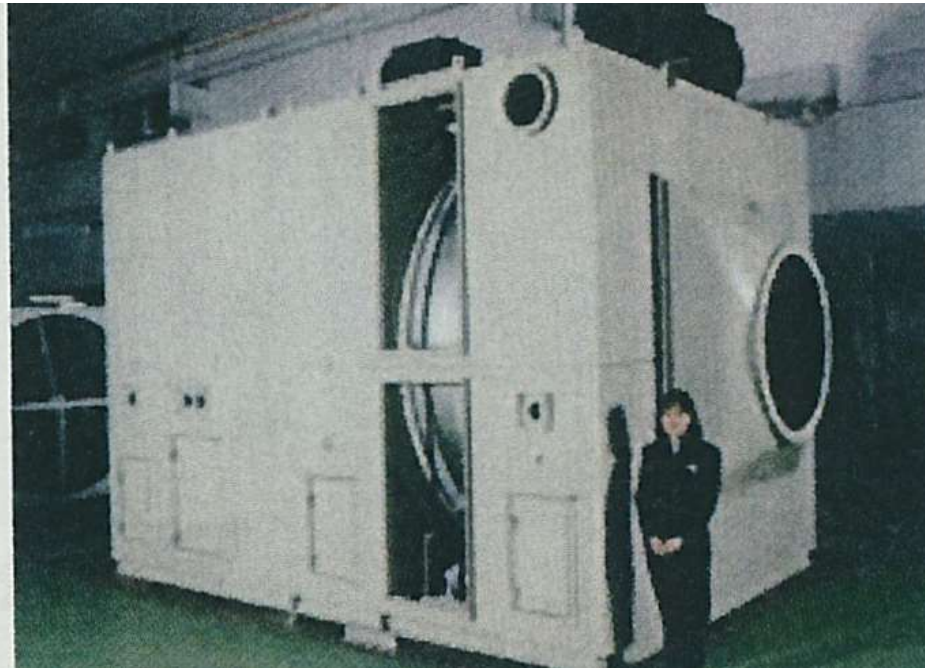
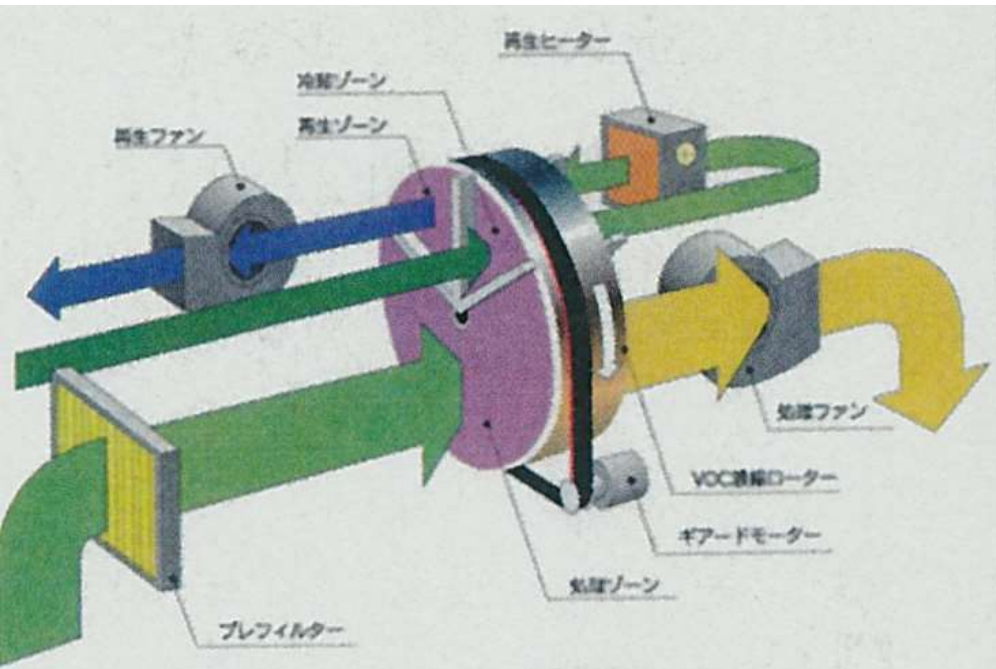
蓄热燃烧除臭方式  
蓄熱燃燒脱臭方式

# 活性炭的吸附 浓缩装置 例



浓缩器 风量从 $1/5$ 减少至 $1/20$ 进行燃烧  
大气社

# 沸石吸附 浓缩机 例



风量33000m<sup>3</sup>/h 规定范围内的设施达到该3倍规模以上  
西部技研

# 作业场地实施的各种措施

现场管理上的改良、实施措施

涂料溶剂的密闭保存、低温保存

洗净溶剂的回收、洗净方法的改良

涂装室的改良 合理的风速等

减少潜在不良因素

涂装前的表面洗净、涂装室的粉尘除去、

工作服的防尘、设备装置的合理选择、合理管理

合理的涂料选择、合理涂装方法的选择、合理溶剂稀释率的设定

→涂料使用量的削减、溶剂使用量的削减、  
转变为使用环保溶剂

→洗净、换色、现场管理、防止恶臭

→性价比较好

# 中国的VOC排放

虽然日本没有该污染源，但是对环境污染较大  
燃烧系固定污染源

锅炉，煤炭工业炉、炼焦炉

不完全燃烧的情况下产生NMVOC

在日本火力发电站等排放气体会进行再循环，因此燃烧类固定污染源的VOC排放较少

农村的排放物

传统炉灶（灶），玉米的芯，茎，做饭取暖

在田地里的稻草等，烧荒（禁止）

地方小城市汽车二手车·完善不良的情况

# 总结 重要事项

VOC排放量（多种物质质量的单纯合计）的意思是指？

VOC排放溶剂使用量削减与排放气体处理的实施

从油性涂料转为水性涂料 → 毒性减少、大气污染减少

减少甲苯、二甲苯、乙苯，

将溶剂从芳香族石油类物质变为环保物质

酒精类、酮类、乙酸酯类

VOC削减目的重视劳动环境卫生以及防止恶臭的出现

农村燃烧类VOC排放（农村做饭、烧荒等）

在现场首先应适时马上可实现的排放削减活动

接下来改变涂料种类、涂装方法、溶剂

并且引入处理装置（燃烧、吸附、浓缩等）

全面转变为不需要涂装的工艺方法也较为有效

以下为参考资料



# 各领域与各溶剂种类的VOC排放量

| 所需领域<br>需要分野    | VOC排放推测量 (t/年)     |                     |                       |                           |                     |                             |                                |                       |                       |                               |                            | 合计<br>合計 |
|-----------------|--------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------|-----------------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|----------------------------|----------|
|                 | 1001<br>甲苯<br>トルエン | 1002<br>二甲苯<br>キシレン | 1003<br>乙苯<br>エチルベンゼン | 2003<br>乙醇<br>イソプロピルアルコール | 2100<br>丁醇<br>ブタノール | 3002<br>甲基乙基甲酮<br>メチルエチルケトン | 3003<br>甲基异丙基甲酮<br>メチルイソブチルケトン | 4001<br>醋酸乙酯<br>酢酸エチル | 4002<br>醋酸丁酯<br>酢酸ブチル | 11100<br>石油系炭化水素類<br>石油系炭化水素類 | 99100<br>非特定物质<br>特定できない物質 |          |
| 建筑物<br>建物       | 5,743              | 7,934               | 5,784                 | 126                       | 609                 | 26                          | 1,013                          | 533                   | 2,156                 | 36,751                        | 10,908                     | 71,583   |
| 建筑资材<br>建築資材    | 1,108              | 1,392               | 993                   | 608                       | 510                 | 80                          | 530                            | 654                   | 1,064                 | 1,113                         | 2,852                      | 10,904   |
| 结构物<br>構造物      | 1,541              | 5,888               | 3,429                 | 814                       | 641                 | 316                         | 777                            | 78                    | 296                   | 7,800                         | 3,320                      | 24,900   |
| 船舶<br>船舶        | 1,516              | 9,739               | 7,014                 | 1,968                     | 1,582               | 6                           | 1,825                          | 8                     | 358                   | 2,218                         | 2,753                      | 28,987   |
| 汽车、新车<br>自動車 新車 | 4,684              | 4,310               | 3,045                 | 171                       | 2,019               | 504                         | 1,595                          | 5,292                 | 3,093                 | 7,361                         | 9,070                      | 41,144   |
| 汽车维修<br>自動車補修   | 3,541              | 3,353               | 2,321                 | 158                       | 154                 | 188                         | 1,240                          | 1,229                 | 2,620                 | 1,070                         | 2,032                      | 17,905   |
| 电气机械<br>電気機械    | 1,306              | 1,944               | 1,346                 | 183                       | 942                 | 355                         | 336                            | 398                   | 740                   | 1,991                         | 2,223                      | 11,764   |
| 机械<br>機械        | 2,279              | 6,265               | 3,468                 | 154                       | 746                 | 248                         | 424                            | 365                   | 1,282                 | 3,425                         | 2,006                      | 20,661   |
| 金属产品<br>金属製品    | 1,285              | 3,623               | 2,519                 | 148                       | 2,012               | 204                         | 393                            | 341                   | 787                   | 4,446                         | 6,490                      | 22,248   |
| 木工产品<br>木工製品    | 488                | 225                 | 159                   | 197                       | 41                  | 104                         | 228                            | 1,290                 | 2,624                 | 589                           | 2,299                      | 8,244    |
| 家用产品<br>家庭用     | 827                | 724                 | 462                   | 135                       | 107                 | 5                           | 61                             | 277                   | 841                   | 2,773                         | 1,461                      | 7,673    |
| 路面标识<br>路面標示    | 422                | 41                  | 21                    | 0                         | 0                   | 0                           | 0                              | 170                   | 1                     | 41                            | 179                        | 875      |
| 其他<br>その他       | 2,664              | 1,119               | 682                   | 115                       | 255                 | 392                         | 313                            | 1,962                 | 3,765                 | 1,949                         | 1,643                      | 14,859   |
| 合计<br>合計        | 27,404             | 46,556              | 31,242                | 4,776                     | 9,618               | 2,427                       | 8,734                          | 12,596                | 19,626                | 71,528                        | 47,237                     | 281,746  |

2013年度数值

涂料工业会

调查数据

# 涂装VOC排放量 各物质的情况

| 物質詳細 物质详细内容         | VOC排放推测量 (t/年) |      |      | VOC排出量推計値(t/年) |      |      |      |      |      |      |
|---------------------|----------------|------|------|----------------|------|------|------|------|------|------|
|                     | 2000           | 2005 | 2006 | 2007           | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
| トルエン 甲苯             | 100            | 61   | 54   | 47             | 42   | 36   | 35   | 35   | 34   | 34   |
| キシレン 二甲苯            | 100            | 52   | 50   | 47             | 42   | 31   | 31   | 31   | 31   | 30   |
| エチルベンゼン 乙苯          | 100            | 69   | 57   | 55             | 44   | 65   | 69   | 69   | 67   | 65   |
| イソプロピルアルコール 乙丙氨酒精   | 100            | 51   | 40   | 47             | 45   | 32   | 30   | 26   | 22   | 24   |
| ブタノール 丁醇            | 100            | 50   | 52   | 51             | 45   | 37   | 42   | 39   | 37   | 36   |
| メチルエチルケトン 甲基乙基甲酮    | 100            | 399  | 415  | 401            | 329  | 252  | 252  | 251  | 254  | 236  |
| メチルイソブチルケトン 甲基异丁基甲酮 | 100            | 66   | 68   | 62             | 56   | 48   | 51   | 51   | 49   | 48   |
| 酢酸エチル 醋酸乙酯          | 100            | 73   | 71   | 87             | 70   | 65   | 63   | 59   | 55   | 44   |
| 酢酸ブチル 醋酸丁酯          | -              | 100  | 92   | 87             | 78   | 73   | 76   | 77   | 74   | 80   |
| 石油系炭化水素類 石油类碳化氢类    | 100            | 90   | 97   | 97             | 89   | 75   | 77   | 75   | 78   | 79   |
| その他 其他              | 100            | 104  | 93   | 90             | 84   | 77   | 75   | 73   | 72   | 71   |
| 合計 合计               | 100            | 74   | 71   | 69             | 61   | 55   | 55   | 54   | 53   | 53   |

| 物質詳細 物质详细内容         | 各VOC排放物质处理费% |       |       | VOC排出量物質別厚生費 % |       |       |       |       |       |       |
|---------------------|--------------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                     | 2000         | 2005  | 2006  | 2007           | 2008  | 2009  | 2010  | 2011  | 2012  | 2013  |
| トルエン 甲苯             | 15.0         | 12.2  | 11.4  | 10.3           | 10.2  | 9.8   | 9.6   | 9.7   | 9.6   | 9.7   |
| キシレン 二甲苯            | 28.9         | 20.1  | 20.4  | 19.5           | 19.5  | 16.6  | 16.3  | 16.6  | 16.6  | 16.5  |
| エチルベンゼン 乙苯          | 9.0          | 8.3   | 7.2   | 7.1            | 6.4   | 10.6  | 11.2  | 11.4  | 11.2  | 11.1  |
| イソプロピルアルコール 乙丙氨酒精   | 3.7          | 2.6   | 2.1   | 2.5            | 2.7   | 2.2   | 2.0   | 1.8   | 1.6   | 1.7   |
| ブタノール 丁醇            | 5.0          | 3.3   | 3.6   | 3.7            | 3.6   | 3.4   | 3.8   | 3.6   | 3.4   | 3.4   |
| メチルエチルケトン 甲基乙基甲酮    | 0.2          | 1.0   | 1.1   | 1.1            | 1.0   | 0.9   | 0.9   | 0.9   | 0.9   | 0.9   |
| メチルイソブチルケトン 甲基异丁基甲酮 | 3.4          | 3.0   | 3.2   | 3.0            | 3.1   | 3.0   | 3.1   | 3.2   | 3.1   | 3.1   |
| 酢酸エチル 醋酸乙酯          | 5.4          | 5.3   | 5.3   | 6.7            | 6.1   | 6.4   | 6.1   | 5.9   | 5.5   | 4.5   |
| 酢酸ブチル 醋酸丁酯          | -            | 6.1   | 5.9   | 5.8            | 5.8   | 6.1   | 6.3   | 6.5   | 6.3   | 7.0   |
| 石油系炭化水素類 石油类碳化氢类    | 17.0         | 20.6  | 23.1  | 23.8           | 24.4  | 23.4  | 23.7  | 23.6  | 24.8  | 25.4  |
| その他 其他              | 12.5         | 17.5  | 16.5  | 16.4           | 17.1  | 17.7  | 17.0  | 16.8  | 17.0  | 16.8  |
| 合計 合计               | 100.0        | 100.0 | 100.0 | 100.0          | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |

# 涂料使用行业与需求领域

| 業種  | 業種別排出量構成比             |      |       |      |       |       |      |      |      |      |      |      |      | 排出量推計 (t/年) |         |
|-----|-----------------------|------|-------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|---------|
|     | 建物                    | 建築資材 | 構造物   | 船舶   | 自動車新車 | 自動車補修 | 電気機械 | 機械   | 金属製品 | 木工製品 | 家庭用  | 路面標示 | その他  |             |         |
| 06A | 土木工事業                 |      |       | 100% |       |       |      |      |      |      |      |      |      |             | 24,900  |
| 06B | 建築工事業                 | 100% |       |      |       |       |      |      |      |      |      |      |      |             | 71,583  |
| 06C | 舗装工事業                 |      |       |      |       |       |      |      |      |      |      | 100% |      |             | 875     |
| 11  | 繊維工業 (衣類、その他の繊維製品を除く) |      |       |      |       |       |      |      |      |      |      |      |      | 1%          | 197     |
| 12  | 衣服、その他の繊維製品製造業        |      |       |      |       |       |      |      |      |      |      |      |      | 0.50%       | 68      |
| 13  | 木材、木製品製造業 (家具を除く)     |      | 1%    |      |       |       |      |      |      |      | 37%  |      |      |             | 3,145   |
| 14  | 家具、装備品製造業             |      | 13%   |      |       |       |      |      | 20%  | 62%  |      |      |      |             | 11,044  |
| 15  | パルプ、紙、紙加工品製造業         |      | 0.20% |      |       |       |      |      |      |      |      |      |      | 7%          | 1,103   |
| 17  | 化学工業                  |      |       |      |       |       |      |      |      |      |      |      |      | 0.10%       | 10      |
| 18  | 石油製品、石炭製品製造業          |      |       |      |       |       |      |      |      |      |      |      |      | 1%          | 174     |
| 19  | プラスチック製品製造業           |      |       |      |       |       |      |      |      |      |      |      |      | 15%         | 2,187   |
| 20  | ゴム製品製造業               |      |       |      |       |       |      |      |      |      |      |      |      | 1%          | 132     |
| 21  | なめし革、同製品、毛皮製造業        |      |       |      |       |       |      |      |      |      |      |      |      | 1%          | 89      |
| 22  | 窯業、土石製品製造業            |      | 8%    |      |       |       |      |      |      |      |      |      |      | 3%          | 1,413   |
| 23  | 鉄鋼業                   |      |       |      |       |       |      |      | 9%   |      |      |      |      |             | 2,063   |
| 24  | 非鉄金属製造業               |      |       |      |       |       |      |      | 11%  |      |      |      |      |             | 2,510   |
| 25  | 金属製品製造業               |      | 78%   |      |       |       |      |      | 59%  |      |      |      |      |             | 21,572  |
| 26  | 一般機械器具製造業             |      |       |      |       |       | 15%  | 77%  |      |      |      |      |      |             | 17,733  |
| 27  | 電気機械器具製造業             |      |       |      |       |       | 57%  |      |      |      |      |      |      |             | 6,662   |
| 28  | 情報通信機械器具製造業           |      |       |      |       |       | 22%  |      |      |      |      |      |      |             | 2,626   |
| 29  | 電子部品、デバイス製造業          |      |       |      |       |       | 6%   |      |      |      |      |      |      |             | 731     |
| 30  | 輸送用機械器具製造業            |      |       |      | 100%  | 100%  |      |      | 21%  |      |      |      |      |             | 74,501  |
| 31  | 精密機械器具製造業             |      |       |      |       |       |      |      |      |      |      |      |      | 7%          | 1,055   |
| 32  | その他製造業                |      |       |      |       |       |      |      |      | 2%   |      |      |      | 63%         | 9,492   |
| 86  | 自動車整備業                |      |       |      |       |       | 100% |      |      |      |      |      |      |             | 17,905  |
| 87  | 機械修理業                 |      |       |      |       |       |      |      | 1%   |      |      |      |      |             | 302     |
| 99  | 家庭                    |      |       |      |       |       |      |      |      |      | 100% |      |      |             | 7,673   |
| 合計  |                       | 100% | 100%  | 100% | 100%  | 100%  | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100%        | 281,746 |

# 工場VOC排放量的計算

## (1) 溶剤系塗料の場合 (1) 如果为溶剂类涂料

使用塗料中のVOC量とシンナー量から調べます。

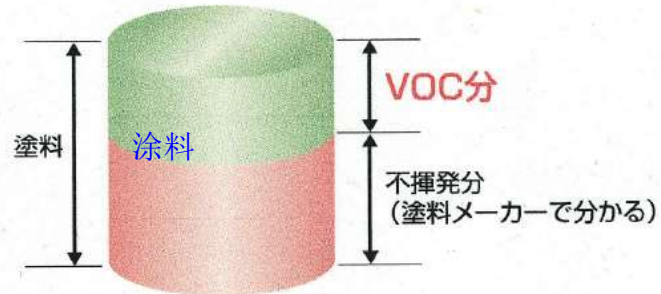
### ① 塗料

月単位の使用量を計算し(式1)、不揮発分(%)を塗料メーカーに確認し、使用量に乗じて下さい(式2)。

$$\text{式1} \blacktriangleright \text{使用量} = (\text{前月末在庫量} + \text{当月購入量}) - \text{当月末在庫量}$$

$$\text{式2} \blacktriangleright \text{不揮発量} = \text{使用量} \times \text{不揮発分}(\%)$$

$$\text{溶剤系塗料からのVOC排出量(揮発分)} = \text{使用量} - \text{不揮発量}$$



不挥发成分  
(塗料厂家知道)

### ② シンナー

月単位の使用量を計算します(塗料の場合の式1と同じ)。表示がkg(重量)の場合はそのまま、リットル(容量)で表示がされている場合は比重をメーカーに確認し、使用量に乗じて下さい(式3)。

$$\text{式3} \blacktriangleright \text{シンナーからのVOC排出量} = \text{使用量} \times X$$

※Xはkgの場合は「1」、リットルの場合は「比重」

根据使用涂料中的VOC量与稀释剂的量进行调查

### ① 涂料

请以月为单位计算使用量(公式1),向厂家确认不挥发成分(%),再乘以使用量(公式2)

公式1 使用量=(上月末库存量+当月购入量)-当月末库存量

公式2 不挥发量=使用量x不挥发成分(%)

溶剂类涂料中的VOC排放量(挥发成分)=使用量-不挥发量

### ② 稀释剂

以月为单位计算使用量(与涂料公式1相同。)如单位为kg(重量)则不变,如果单位为升(容量)则向厂家确认比重,再乘以使用量(公式3)、

公式3 稀释剂中的VOC排放量=使用量xX

\*X单位为kg时为“1”、为升时则是“比重”

# 工厂VOC排放量的计算

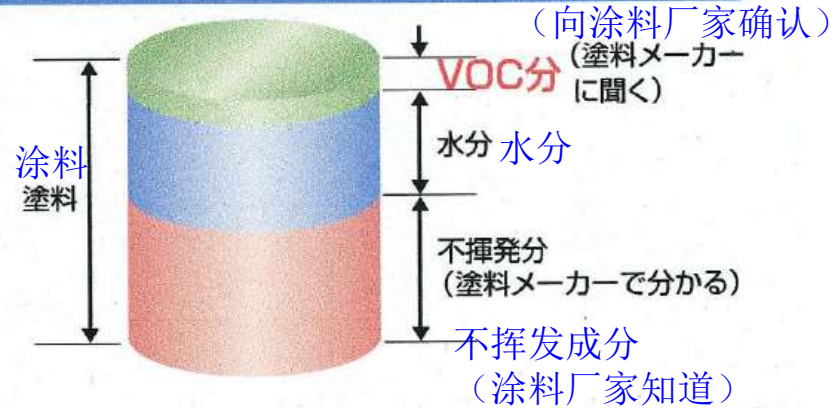
## (2) 水系塗料の場合 (2) 如果为水类涂料

月単位の使用量を計算します(塗料の場合の式1と同じ)。揮発分は水と溶剤で構成されているので、溶剤含有率(揮発分)(%)を塗料メーカーに確認します。なお、希釈剤としてシンナーを使用している場合は、溶剤系塗料のシンナーと同様に計算します(式3)。

水系塗料からのVOC排出量(揮発分) = 使用量 × 揮発分(%)

以月为单位计算使用量(与涂料公式1相同。)。挥发成分由水与溶剂构成，因此溶剂含有率(挥发成分)(%)向涂料厂家确认。另外作为稀释剂如果使用了香蕉水，则与溶剂类涂料的稀释剂一样进行计算(公司3)

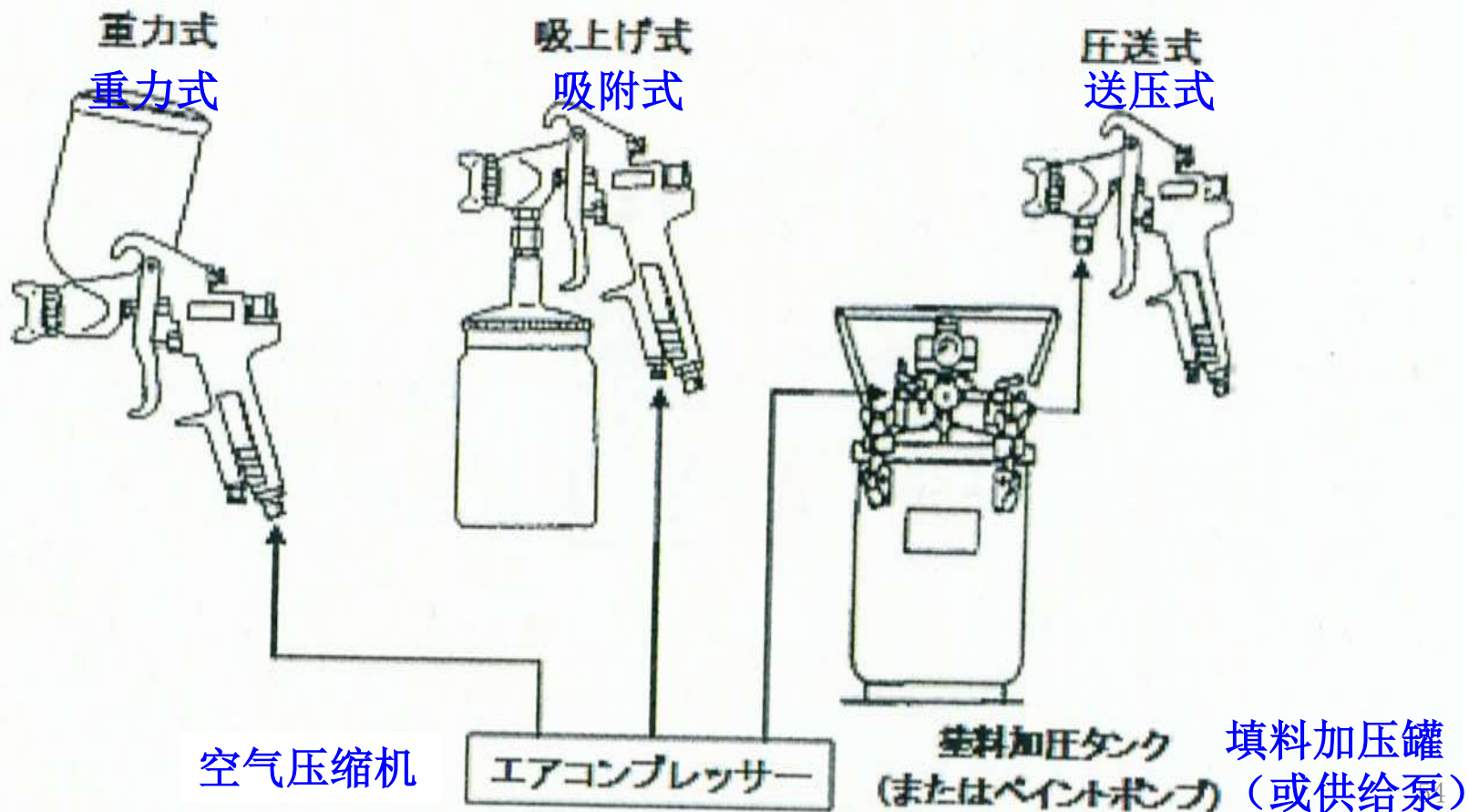
水类涂料中的VOC排放量(挥发成分) = 使用量 × 挥发成分(%)



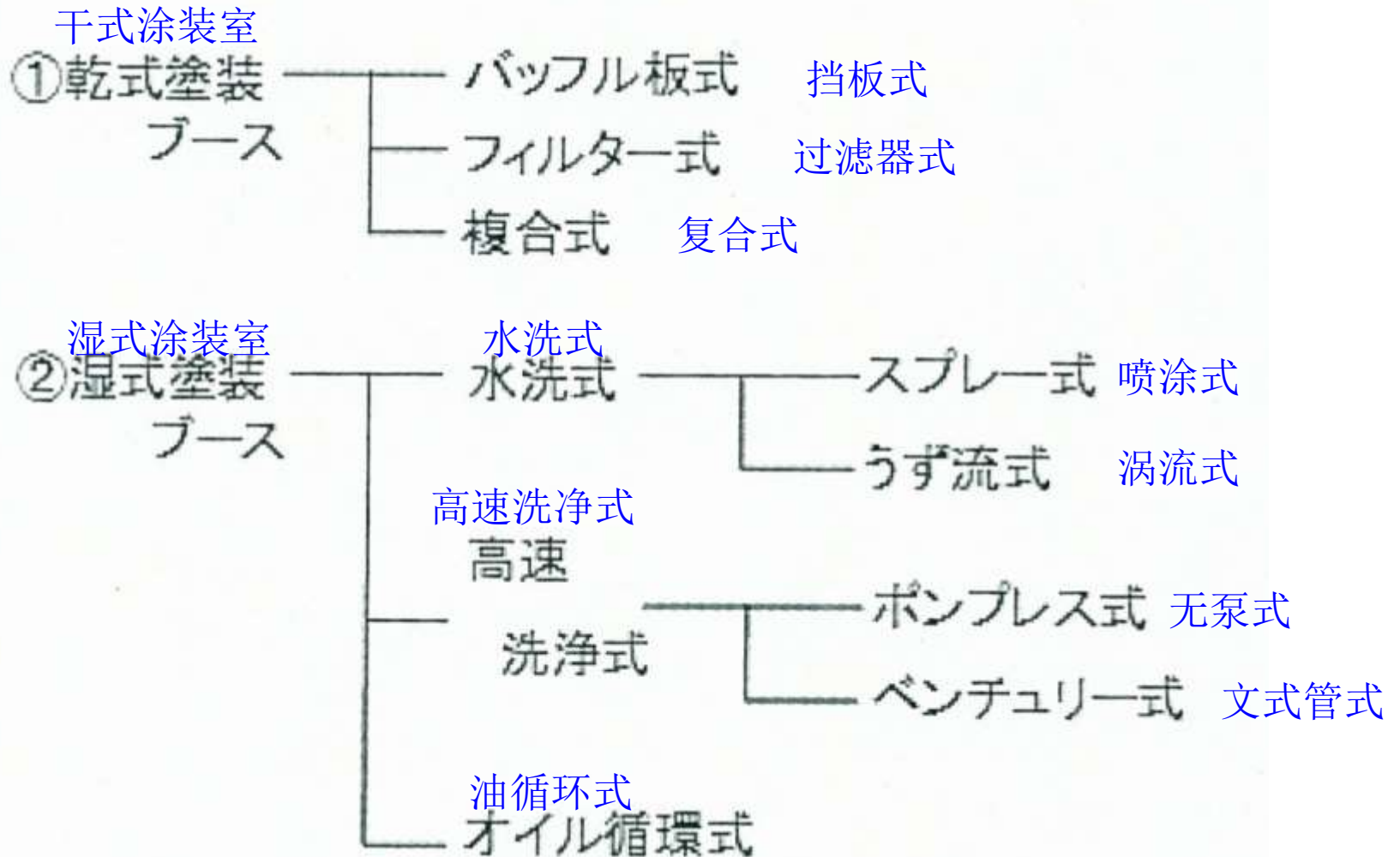
# 喷枪的方式

这是一种液状涂料雾化方法，与喷雾的原理相同，从涂料喷嘴喷出的涂料被压缩空气碰撞形成微粒子，与被涂装物体相撞附着在其上面。这是工业上用的一种最普遍的涂装方法。

液状塗料を霧化する方法として、霧吹きと同様に、塗料ノズルより噴出した塗料に、圧縮空気を衝突させることによって微粒子化し、被塗物に衝突、付着させます。工業的に最も一般的な塗装方法です。



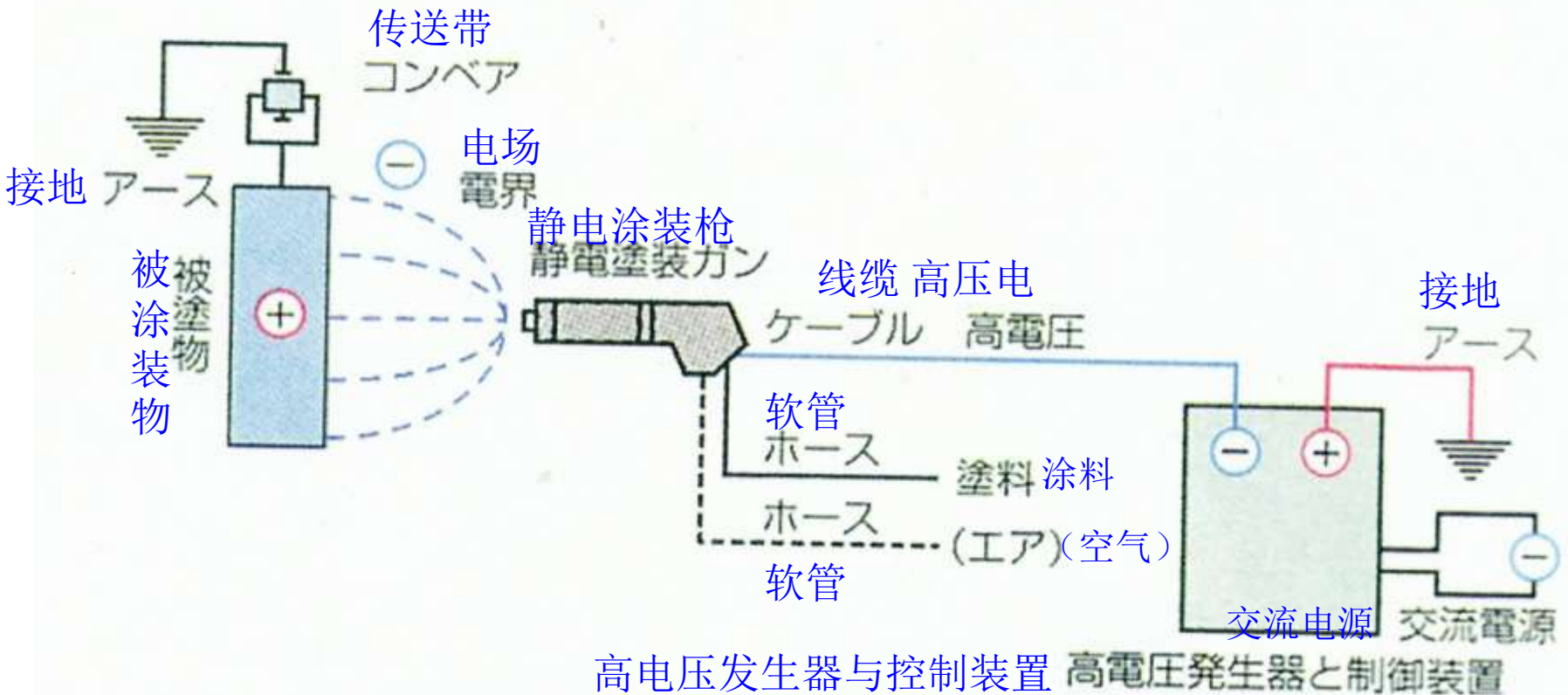
# 涂装室の種類



# 液体静电涂装

被涂装物连接于 (+) 极、喷雾状涂料连接于 (-) 极，通过通电使得涂料吸附于被喷涂物上，工厂采用的连续涂装法。

被塗物を (+) 極、噴霧状にした塗料を (-) 極に帯電させ、電氣的に塗料を被塗物に吸着させる方法で、工場における連続塗装法として用いられます。

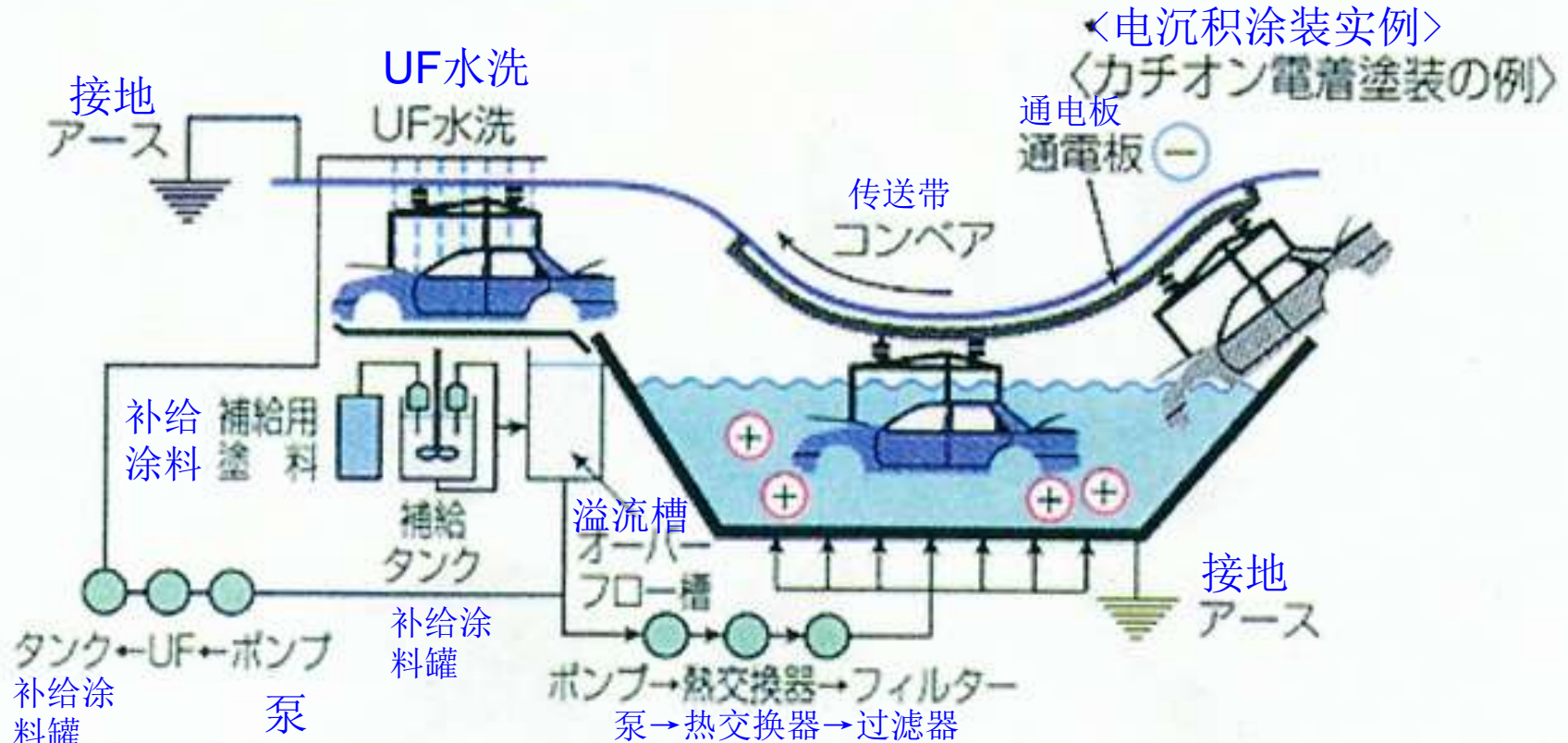




# 电泳涂装

将被涂装物浸泡于较低浓度的水溶性涂料中，被涂装物体与涂料之间通过电流，形成电镀膜。具有涂膜均匀，损耗较少的优势。用于汽车的车体、零部件、不锈钢家具、铝框等金属产品的涂装。

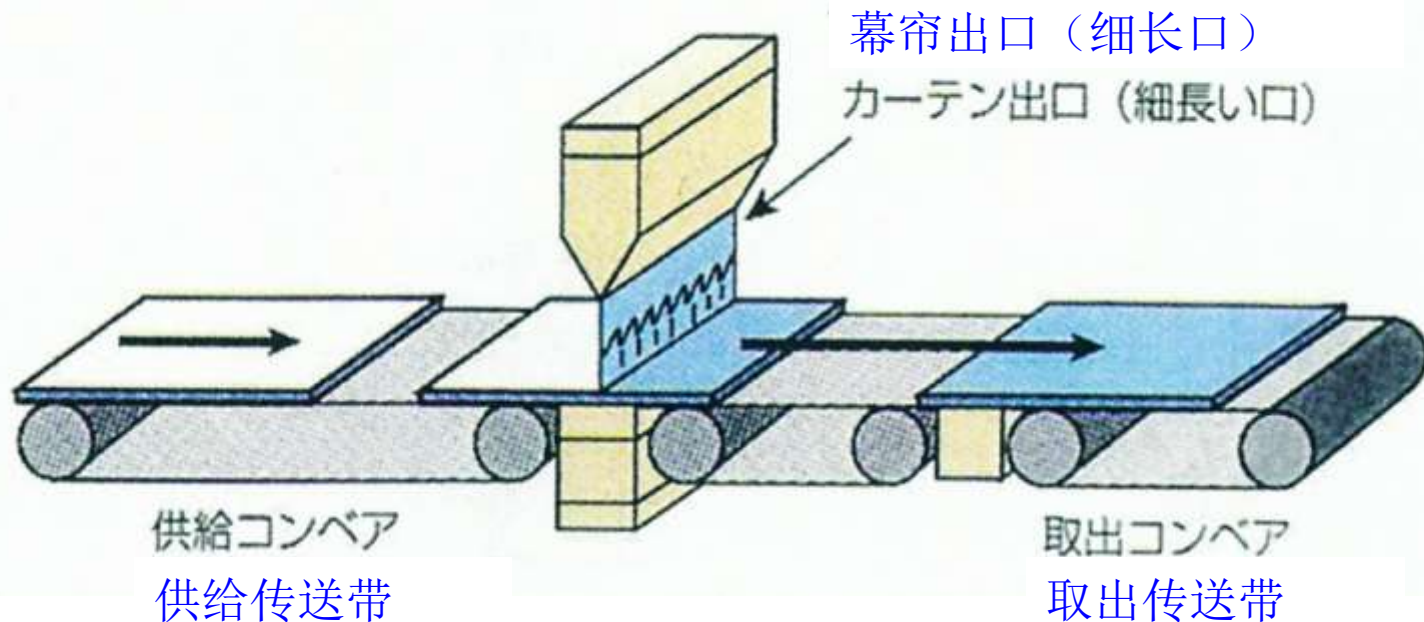
比較的低濃度の水溶性塗料中に被塗物を浸漬し、被塗物と塗料の間に電流を流して電氣的に塗膜をつくります。塗膜が均一で、ロスが少ないなどの利点があります。自動車のボディ・部品、スチール家具、アルミサッシなどの金属製品の塗装に使用されます。



# 流动喷涂

使涂料像幕帘一样落下，在其下方的传送带上置于平板使其流动，在平板上涂膜。作业效率较高，涂膜均匀，无损耗。适用于合板、钢板等工厂连续涂装。

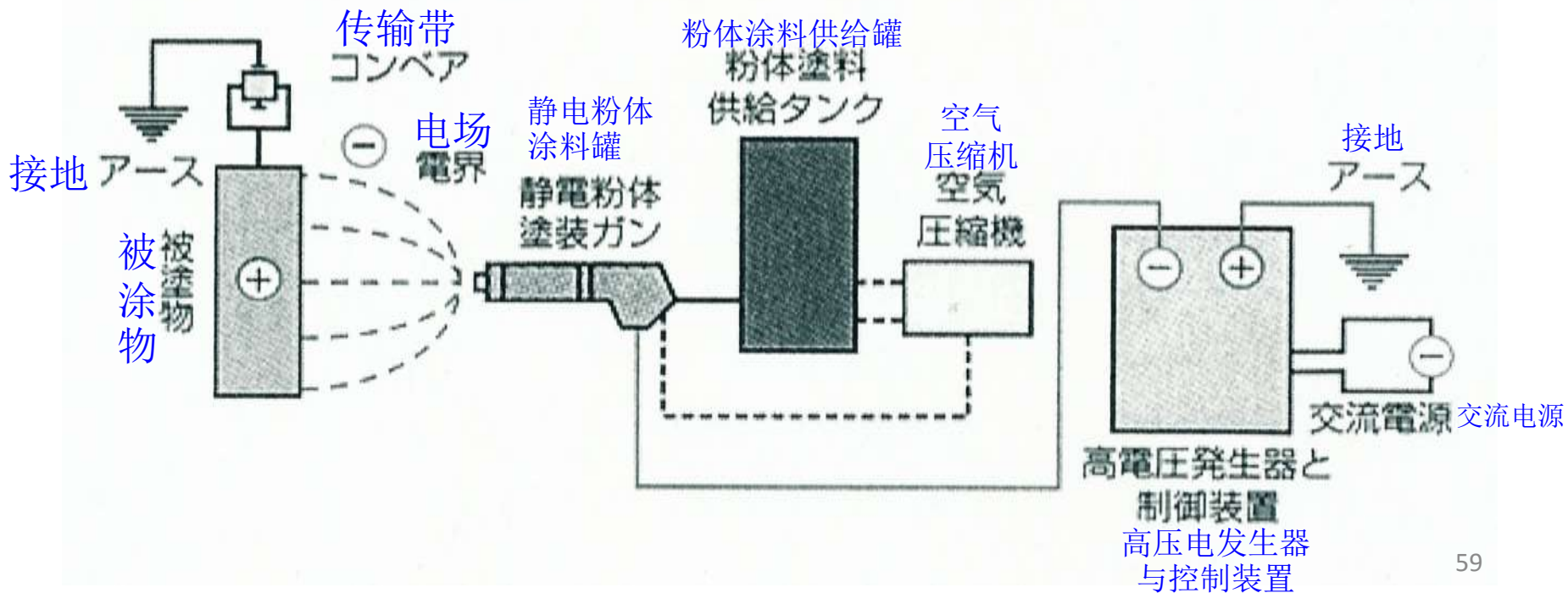
塗料をカーテン状に落下させて、その下をコンベアに平板をのせて流し、平板上に塗膜をつくります。作業効率がよく、塗膜が均一でロスもありません。合板、スレート板など工場での連続塗装に適しています。



# 粉体涂装

用空气喷射粉体涂料，与静电涂装一样进行附着，因此干燥炉中加热熔融，形成连续涂膜。使用于想要一次喷涂获得一定膜厚的工艺中，用于金属网、自动贩卖机等涂装中，另外飞溅的涂料可以回收再利用。

粉体塗料を空気で噴射し、静電塗装と同じように電氣的に付着させてから、乾燥炉で加熱溶融し連続塗膜をつくります。1回塗りで厚膜を得たいものに適しており、金網、自動販売機などの塗装に使用されています。また飛散した塗料は回収して再利用されます。



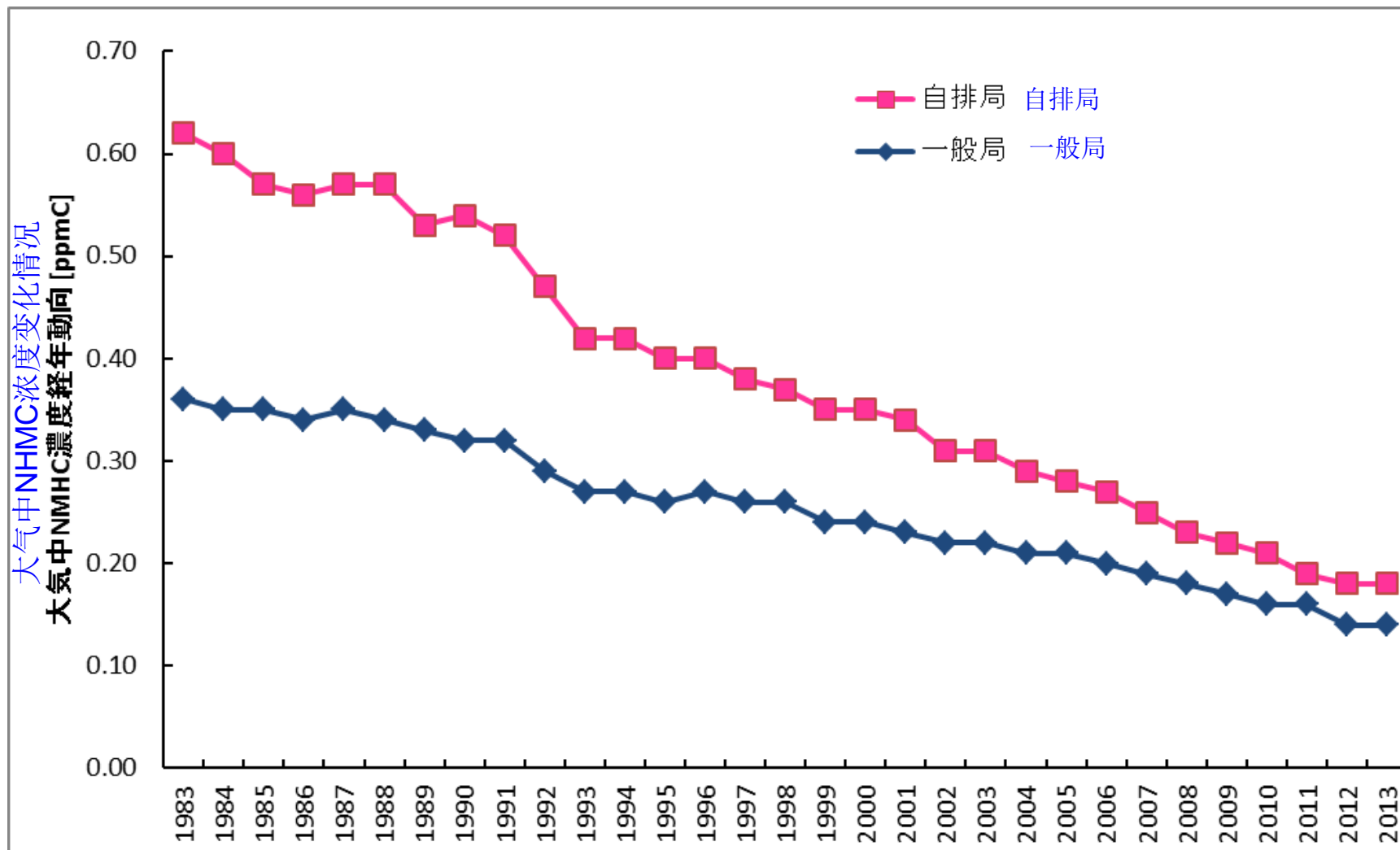
# 不同涂装方式的VOC削减效果

## 涂装方式によるVOC削減効果！

| 涂装方式<br>涂装方式        | 分类区分   | 一般的塗着効率<br>一般涂装效率  |
|---------------------|--|--|
| ① 静电スプレー<br>静电喷涂    | エア霧化静电<br>エアレス霧化静电 (エアエアレス)<br>回転霧化静电 (ベル静电)<br>静电ハンドガン (エアエアレス) | 空气雾化静电 50~60%<br>无空气雾化静电 (空气无空气) 65%<br>旋转雾化静电 (铃静电) 80~85%<br>静电手枪 (空气无空气) 95~99% |
| ② 低压スプレー<br>低压喷涂    | タービンプローア一式 (HvLp) 涡轮送风机式<br>ステップダウン式 (LvLp) 降级式                  | 55~60%<br>50~55%   |
| ③ エアレススプレー<br>无空气喷涂 | エアレス霧化 无空气雾化<br>エアエアレス霧化 空气无空气雾化                                 | 50~60%<br>55~65%   |
| ④ エアスプレー<br>空气喷涂    |  | 30~40%   |
| ⑤ ホットスプレー<br>热喷涂    | エアスプレー<br>空气喷涂   | 35~45%   |

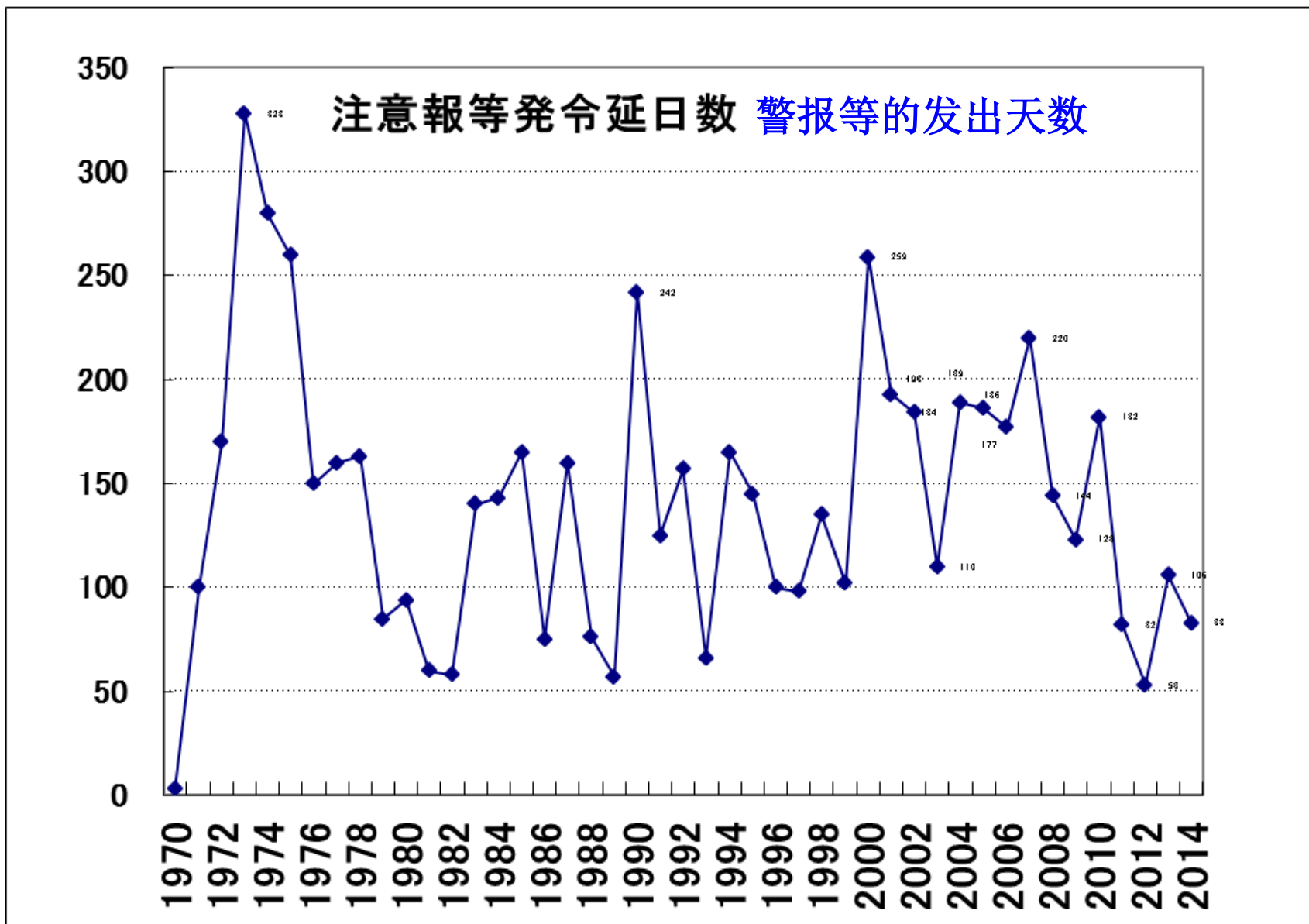
JPMS2004,7

# HMHC浓度 1983至2013年平均值的变化的情况

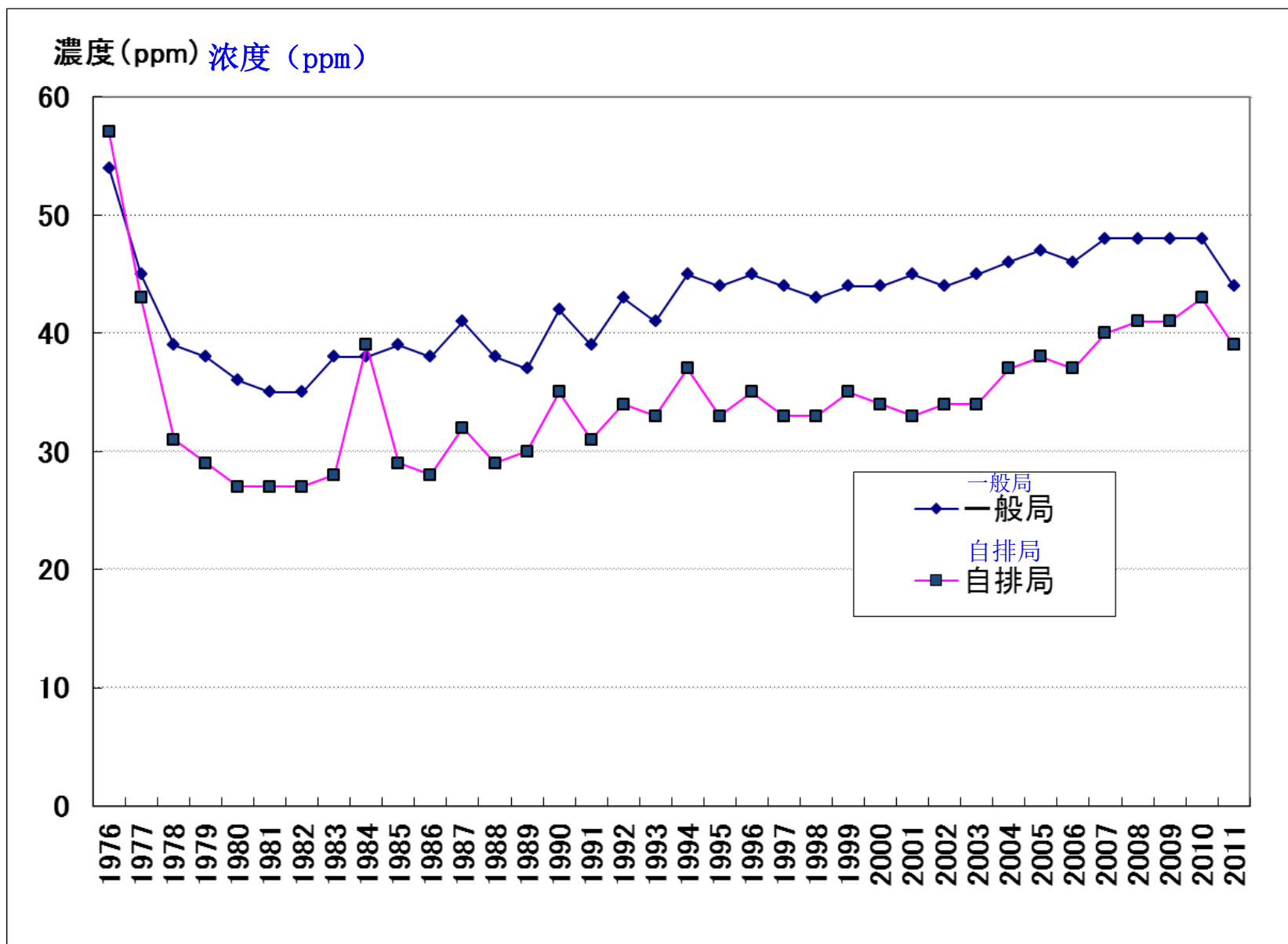


以下： 根据环境省《2013年度大气污染情况报告》编制

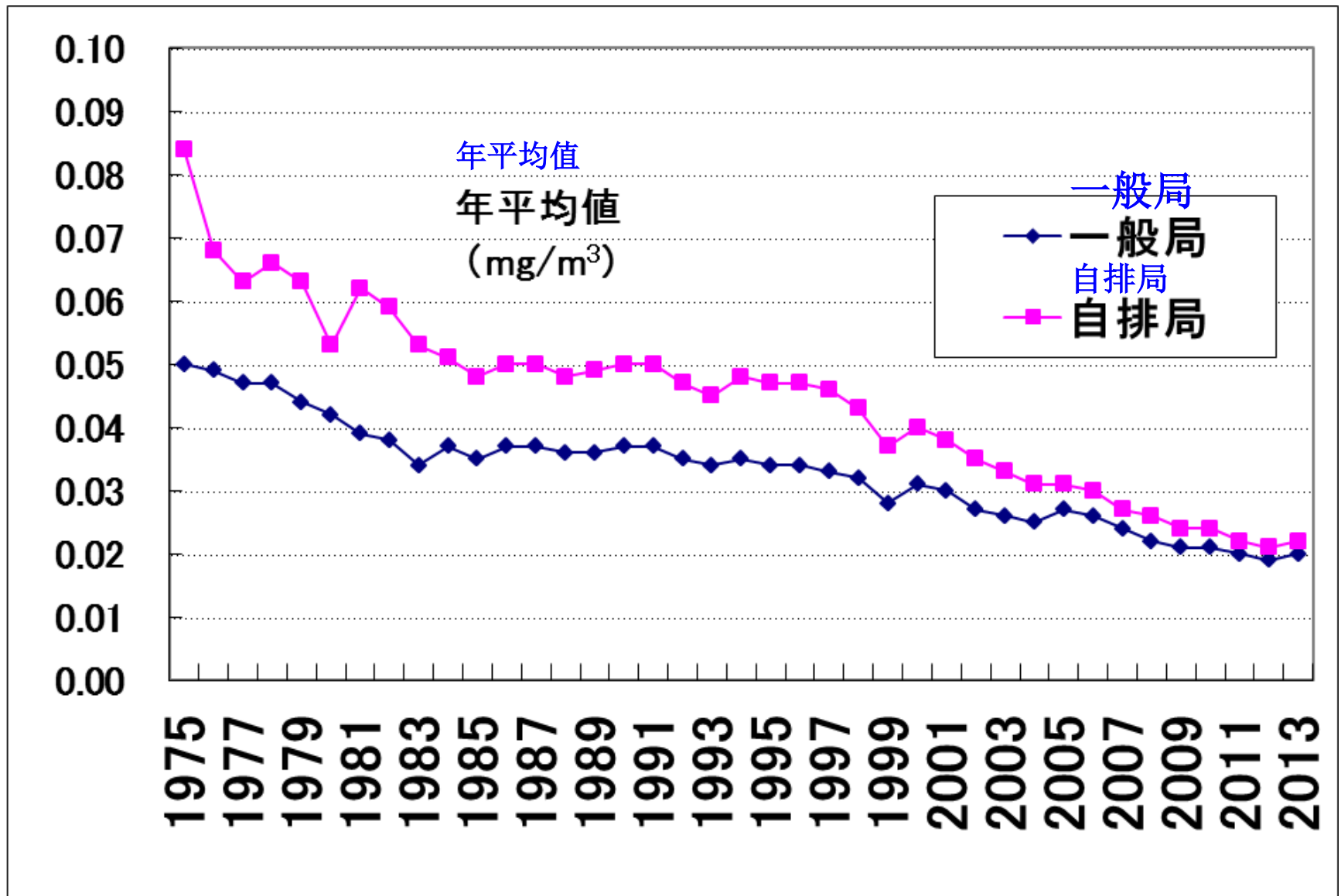
# 光化学大气污染警报发出天数的变化



# 光化学Ox晚上与白天最高每小时年平均变化



# SPM浓度 1975至2013年平均值的變化





# 2000年的VOC排放量

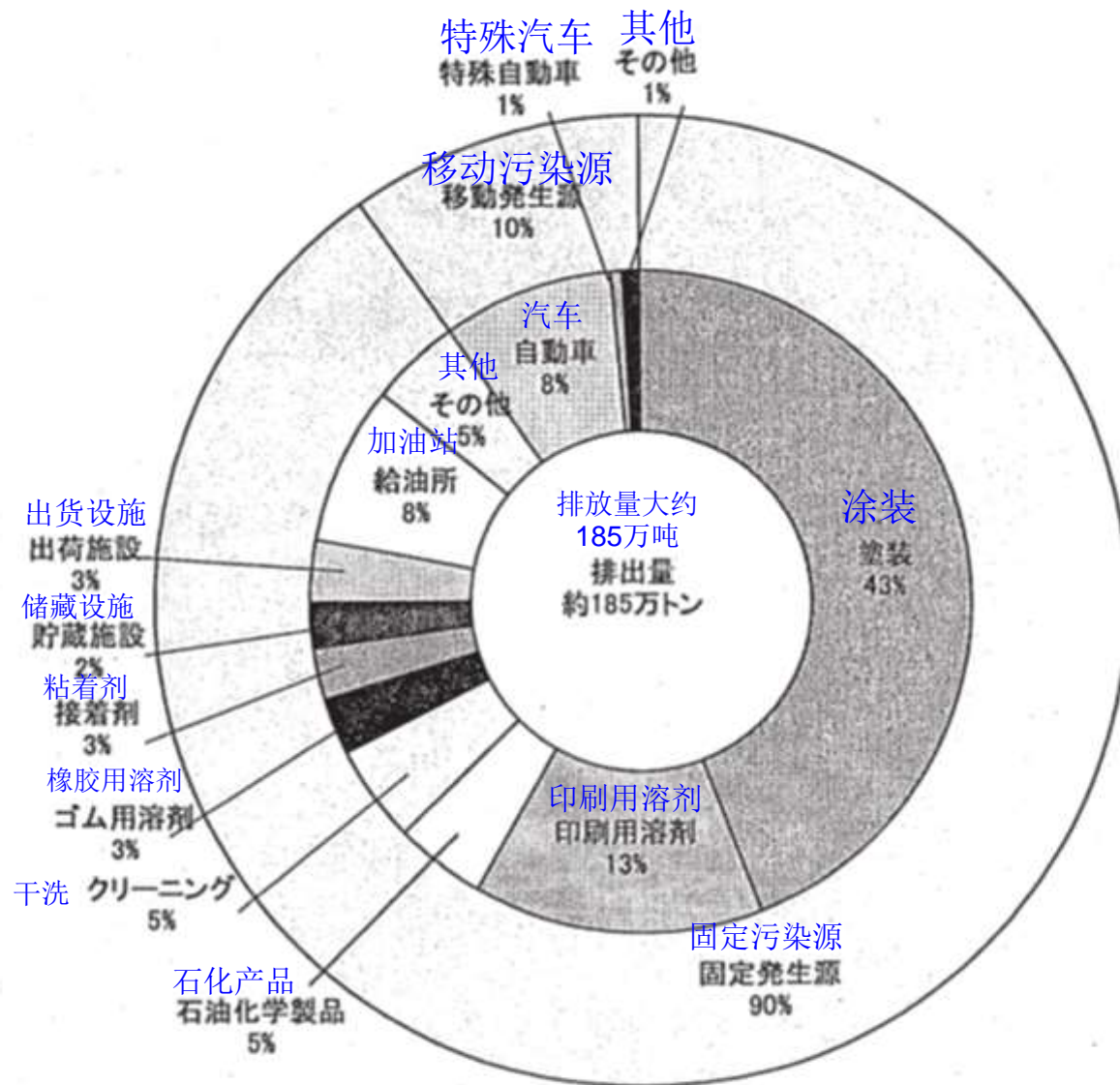


图1 VOC排放量详细情况 (2000年度)

図1 VOCの排出量内訳 (2000年度)

涂装VOC的排放 1997  
1km×1km Grid

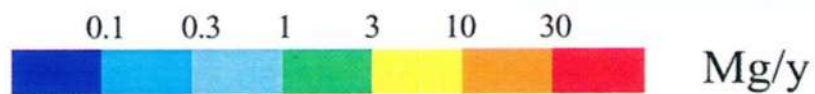
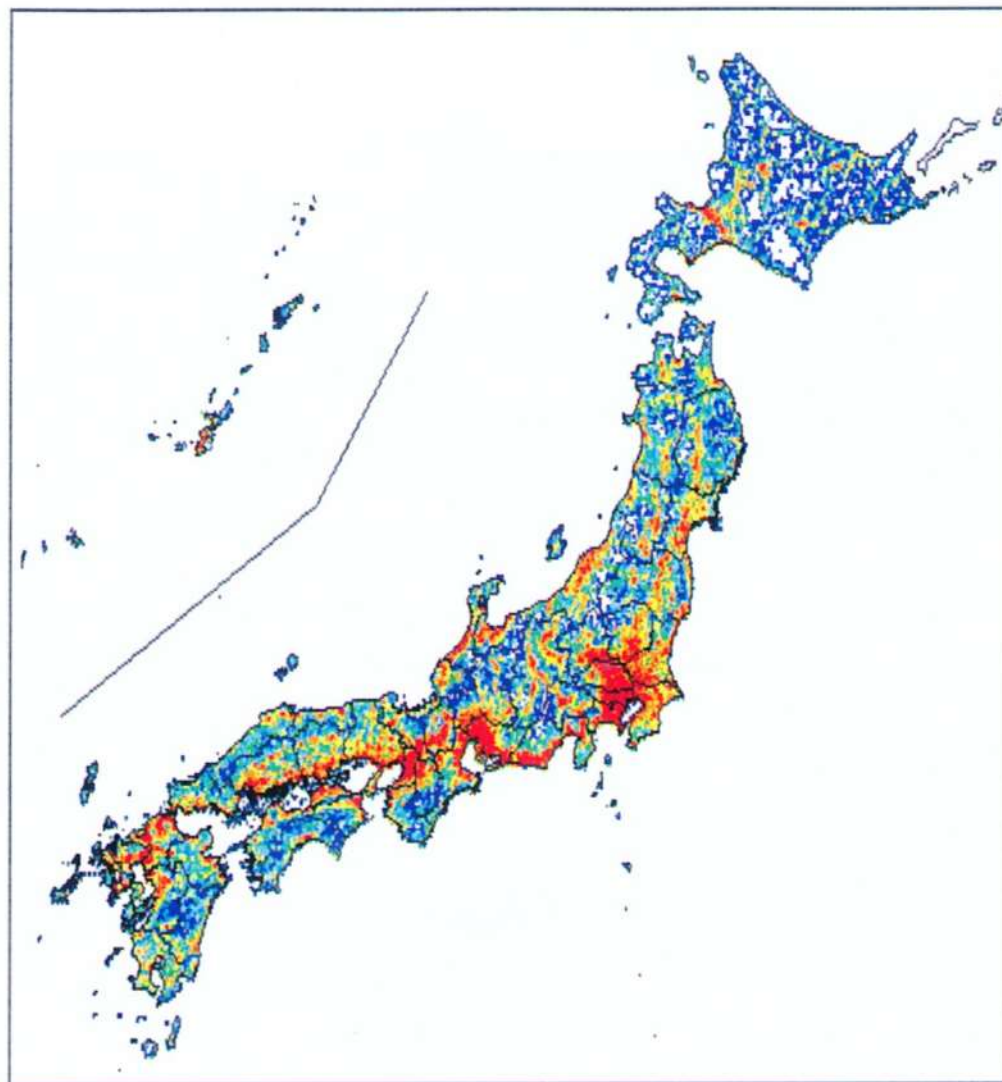


Fig. 4. Grid-based (1 km×1 km) spatial distribution of VOC emission from painting in Japan (1997).

# VOC有机化合物排放与PM2.5和O<sub>x</sub>的生成关联结构

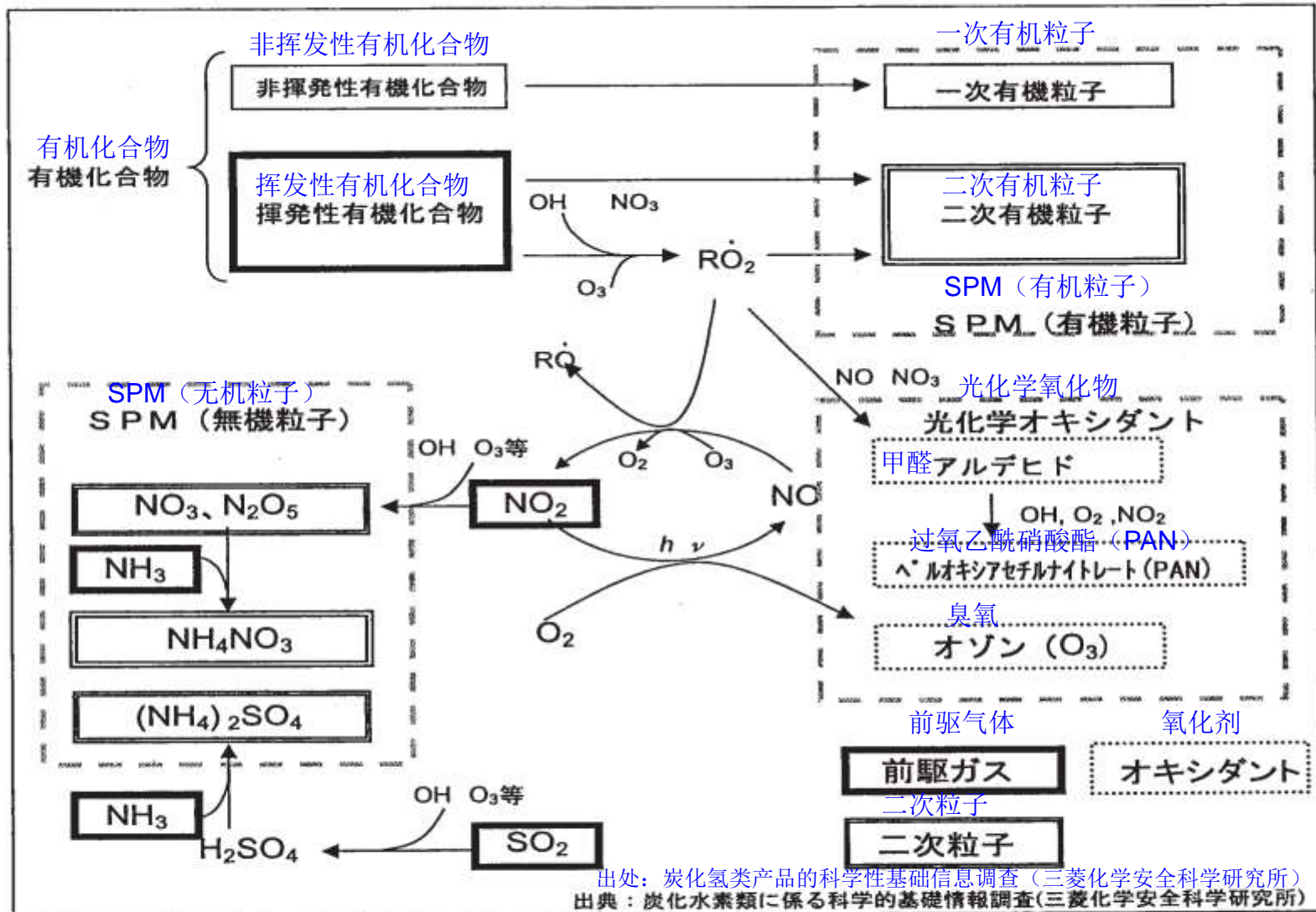


图1 大气中VOC等的反应结构

图1 大气中VOC等的反应结构

以上

作者 外冈 丰 Yutaka TONOOKA ytonooka@gmail.com

2015.10.11

虽没有说明出处，但是在引用时请与我联系 将明示原出处文献  
提交至：

WAN Wei 万薇

Air Quality Specialist 空气质量专家

Clean Air Asia China Office 亚洲清洁空气中心中国办公室

11-152, JianGuoMenWai Diplomatic Residence Compound,

No.1 XiuShui Street, ChaoYang District, Beijing, China, 100600

北京市朝阳区秀水街1号建国门外外交公寓11-152, 100600

Tel/Fax: +86 10 8532 6972

wei.wan@cleanairasia.org | Skype: wei.wan.vivian

www.cleanairasia.org

## Prepared for

- The 11th China City Air Quality Management Workshop
- - VOCs Emission Management and Technologies
- Agenda
- Oct. 14-16, 2015 (Wed - Fri)
- Dalian, China
- Hosted by: Foreign Economic Cooperation Office,  
Ministry of Environmental Protection
- Clean Air Asia
- Co-hosted by: Dalian Environmental Protection Bureau
- East China University of Science and Technology