

中華人民共和国

中華人民共和国
炭酸ハイブリッド塗装システムによる
大気環境負荷低減促進への
案件化調査
業務完了報告書

平成 30 年 10 月

(2018 年)

独立行政法人国際協力機構 (JICA)

加美電子工業株式会社

国内
JR(先)
18-222

<本報告書の利用についての注意・免責事項>

- ・本報告書の内容は、JICA が受託企業に作成を委託し、作成時点で入手した情報に基づくものであり、その後の社会情勢の変化、法律改正等によって本報告書の内容が変わる場合があります。また、掲載した情報・コメントは受託企業の判断によるものが含まれ、一般的な情報・解釈がこのとおりであることを保証するものではありません。本報告書を通じて提供される情報に基づいて何らかの行為をされる場合には、必ずご自身の責任で行ってください。
- ・利用者が本報告書を利用したことから生じる損害に関し、JICA 及び受託企業は、いかなる責任も負いかねます。

<Notes and Disclaimers>

- ・ This report is produced by the trust corporation based on the contract with JICA. The contents of this report are based on the information at the time of preparing the report which may differ from current information due to the changes in the situation, changes in laws, etc. In addition, the information and comments posted include subjective judgment of the trust corporation. Please be noted that any actions taken by the users based on the contents of this report shall be done at user's own risk.
- ・ Neither JICA nor the trust corporation shall be responsible for any loss or damages incurred by use of such information provided in this report.

巻頭写真



①上海市環境科学研究院(SAES)との協議

研究内容: 環境点検			
序号	研究内容	负责单位	研究时间 (2018-2020)
1	应用对象研究	参与企业	
2	涂料用给、配方调整研究	涂料厂商、参与企业	
3	涂装工艺研究	参与企业、涂料厂商	
4	涂装设备研究	参与企业	
5	涂料质量分析	参与企业、涂料厂商	
6	环境、经济、社会效益评估	环科院、监测中心、参与企业、涂料厂商	
7	应用调整评估	参与企业、涂料厂商、环科院	

②同左



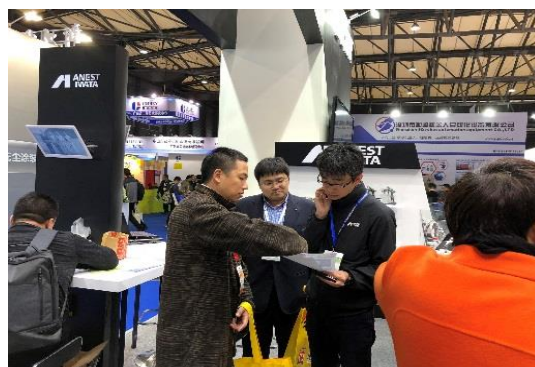
③屋外塗装所を視察



④同左・塗装責任者から説明を受ける



⑤屋内塗装所を視察



⑥China Coat 2017にて来訪者に技術説明



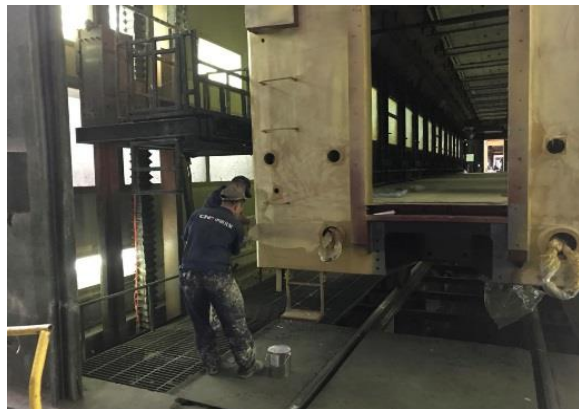
⑦仏山市政府との協議



⑧家具の塗装現場



⑨総合塗料メーカーを視察



⑩鉄道車両の塗装現場-1



⑪鉄道車両の塗装現場-2



⑫ドラム缶メーカーの塗装現場



⑬鉄骨メーカーの塗装現場-1



⑭鉄骨メーカーの塗装現場-2

目次

巻頭写真	ii
目次	iv
図表リスト	vi
略語表	vii
要約	viii
ポンチ絵（和文）	x viii
はじめに	1
第1章 対象国・地域の開発課題	5
1-1 中国および上海市が抱える開発課題	5
1-2 当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令など	9
1-3 当該開発課題に関連する我が国国別開発協力方針	20
1-4 当該開発課題に関連する ODA 事業および他ドナーの先行事例分析	20
第2章 加美電子工業、製品・技術の概要	22
2-1 加美電子工業の概要	22
2-2 提案製品・技術の概要	25
2-3 提案製品・技術の現地適合性	32
2-4 開発課題解決貢献可能性	33
第3章 ODA 案件化	34
3-1 ODA 案件化概要	34
3-2 事業の実施体制	34
3-3 ODA 案件内容	35
3-4 カウンターパート候補機関組織・協議状況	35
3-5 他 ODA 事業との連携可能性	35
3-6 ODA 案件形成における課題・リスクと対応策	36
3-7 環境社会配慮等	36
3-8 期待される開発効果	36
第4章 ビジネス展開計画	37
4-1 ビジネス展開計画概要	37
4-2 市場分析、これまでの取組	37
4-3 バリューチェーン	37
4-4 進出形態とパートナー候補	37
4-5 収支計画	37
4-6 想定される課題・リスクと対応策	37
4-7 期待される開発効果	37

4-8 日本国内地元経済・地域活性化への貢献	37
英文要約	1

図表リスト

表 1	調査団員構成	2
表 2	現地調査行程	2
表 3	国レベルの VOC 関連法律法規および部門規定（2014 年以降）	11
表 4	大気汚染防止行動計画の目標および内容	12
表 5	地方政府の削減目標	13
表 6	大気汚染防止法（工業塗装関連）－1	14
表 7	大気汚染防止法（工業塗装関連）－2	15
表 8	大気汚染防止法（工業塗装関連）－3	16
表 9	「環境保護税法」の主要な内容	18
表 10	省（自治区・直轄市）レベルでの VOC 関連法律法規および対策（2015 年以降）	19
表 11	華東地域（上海市、浙江省、江蘇省、安徽省）揮発性有機化合物（VOC）汚染排出費徴収試行規則	20
表 12	加美電子工業、製品・技術の概要	22
表 13	他社製品・技術との比較	31
表 14	受賞履歴	38
図 1	VOC の発生メカニズム	6
図 2	中国の大気汚染の現状（2018 年 3 月 27 日）	7
図 3	各大気汚染物質の国家基準達成状況（2014 年→2016 年比較）	8
図 4	中国大陸から日本へ飛来する PM2.5（越境大気汚染の状況）	9
図 5	世界の VOC 排出量の推移	24
図 6	開発の経緯	25
図 7	二酸化炭素による塗料の粘度の低下	26
図 8	二酸化炭素を利用することの利点	27
図 9	炭酸ハイブリッド塗装システムの概念図	28
図 10	炭酸ハイブリッド塗装システムの仕様と塗装機器（加美電子工業に現存）	29
図 11	事業の実施体制	35

略語表（アルファベット順）

AQI	Air Quality Index	大気質指数
C/P	counterpart	カウンターパート（連携相手）
CO2	Carbon Dioxide	二酸化炭素
EU	European Union	欧州連合
GDP	Gross Domestic Products	国内総生産
ISO	International Organization for Standardization	国際標準化機構
JETRO	Japan External Trade Organization	独立行政法人日本貿易振興機構（ジェトロ）
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
NEDO	New Energy and Industrial Technology Development Organization	国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（ネド）
NOx	Nitrogen Oxides	窒素酸化物
PM2.5	Particulate Matters	微小粒子状物質
SAES	Shanghai Academy of Environmental Sciences	上海市環境科学研究所
SOx	Sulfur Oxide	硫黄酸化物
SO2	Sulfur Oxide	二酸化硫黄
SOA	Secondary Organic Aerosol	二次生成有機エアロゾル
UV	ultraviolet	紫外線
VOC	Volatile Organic Compounds	揮発性有機化合物

要約

第 1 章 対象国・地域の開発課題

1-1 中国および上海市が抱える開発課題

中国では近年、経済活動の拡大（工場などの固定性汚染排出源）や自動車の急速な普及（移動性汚染排出源）などを原因とする大気汚染が深刻化している。特に、北京、上海、広州などの大都市圏ではそれが著しい。大気汚染物質の一つである「揮発性有機化合物（Volatile Organic Compounds、以下 VOC）」の排出抑制、ひいては人体に甚大な悪影響を及ぼすとされる「微小粒子状物質（Particulate Matters、以下 PM_{2.5}）」、「微粒子状物質（以下 PM₁₀）」の排出抑制が社会経済開発上の最重要課題の一つとなっている。

「PM_{2.5}」とは、大気中に浮遊する小さな粒子のうち、粒子の大きさが 2.5 μm（1 μm=1mm の 1,000 分の 1）以下の非常に小さな粒子をいう。その成分には、炭素成分、硝酸塩、硫酸塩、アンモニウム塩の他、ケイ素、ナトリウム、アルミニウムなどの無機元素などが含まれる。また、さまざまな粒径のものが含まれており、地域や季節、気象条件などによって組成も変動する。

PM_{2.5} が発生するメカニズムについては、物の燃焼などによって直接排出されるもの（一次生成）と、環境大気中での化学反応により生成されたもの（二次生成）とがある。一次生成粒子の発生源としては、ボイラーや焼却炉など「ばい煙」を発生する施設、コークス炉や鉱物堆積場など「粉じん（細かい塵）」を発生する施設、自動車、船舶、航空機などの他、土壌、海洋、火山など自然由来のものや越境汚染による影響もある。また家庭内でも、喫煙や調理、ストーブなどから発生する。二次生成粒子は、火力発電所、工場・事業所、自動車、船舶、航空機、家庭などの燃料燃焼によって排出される「硫黄酸化物（SO_x）」や「窒素酸化物（NO_x）」、燃料燃焼施設の他に溶剤・塗料の使用時や石油取扱施設からの蒸発、森林などから排出される「VOC」などのガス状物質が、大気中で光やオゾンと反応して生成される。すなわち、大まかに言えば、PM_{2.5} および PM₁₀ の原因物質は、一次生成粒子の発生源である「ばい煙」「粉じん（細かい塵）」、二次生成粒子の発生源である「硫黄酸化物（SO_x）」「窒素酸化物（NO_x）」「VOC」と言える。VOC は、大気中の化学反応を通じて二次生成有機エアロゾル（Secondary Organic Aerosol, SOA：数百種類の有機化合物によって生成された混合物）を生成する。

中国政府・生態環境部によれば、現在の中国大陸で発生している PM_{2.5} の主原因は VOC にあるとされる。例えば北京市の場合、PM_{2.5} に占める二次生成粒子の割合は 73%（2017 年）に達する。PM_{2.5} は粒子の大きさが非常に小さい（髪の毛の太さの 30 分の 1）ため、肺の奥深くまで入りやすく、喘息や気管支炎などの呼吸器系疾患への影響のほか、遺伝子の突然変異や肺塗装ガン（肺癌）のリスクの上昇、循環器系への影響も懸念されている。

結論として、PM_{2.5} は大気中に排出された VOC が窒素酸化物（NO_x）と混合し、太陽からの強い紫外線による化学反応で二次生成される。そのため、PM_{2.5} を削減するためには VOC の排出を抑制することが鍵となる。

中国の大気汚染は、時系列的に見れば改善傾向にある。2016 年、全国 338 の都市にお

いて、PM2.5が75 μ g/m³以下の大気環境優良日数は年間78.8%と、前年比2.1%上昇した。北京・天津・河北省周辺は年間56.8%、上海周辺は年間76.1%、広州周辺は年間89.5%となった。しかしながら、水準としては依然深刻な域を脱していない。また、中国の大気状況が悪い日は、朝鮮半島、さらには日本への越境汚染もみられる。

大気汚染関連環境基準には、「大気環境品質基準」と「大気汚染物排出基準」がある。2017年6月5日、環境保護部が公表した「2016年中国環境状況公報」によると、2016年の大気汚染状況は、モニタリングが実施された中国全国338の地級市および地級市以上の都市において、前者、すなわち大気環境品質基準(GB3095-2012)を完全に達成できたのは84都市(全体の24.9%)と全体の4分の1にとどまっており、残りの4分の3に当たる254都市(全体の75.1%)では、いずれかの項目が基準を超過し、基準は未達成に終わった。空気の質が「優良(大気質指数(AQI)が50ポイント以下)」となった日数の平均割合が78.8%となり、2015年比で2.1%ポイント上昇した。

大気品質基準の各項目別の達成状況を2014年と直近2016年とで比較してみると、SO₂の基準を達成した都市の割合は97%(2014年比9%ポイント改善)、NO₂は83%(同20%ポイント改善)、一酸化炭素(CO)は97%、PM₁₀は42%(同20%ポイント改善)、PM_{2.5}は28.1%(同17%ポイント改善)、オゾン(O₃)は82%となっている。SO₂、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5}いずれも達成率は上昇傾向にある。

しかしながら、PM₁₀、PM_{2.5}は依然として未達成の割合が6~7割近くを占めており、特に人体への影響が最も憂慮されているPM_{2.5}の達成率が一番悪い。PM_{2.5}は複数の要因が相互に関係して発生しているため、一朝一夕には対策が困難であることが達成率の悪い理由と思われる。こうした状況を踏まえて、中国政府はVOC対策を急速に進めている。

VOCの多くは工業塗装に由来すると考えられている。「国務院発展研究センター資源および環境所」と華南理工大学の共同研究結果によれば、2015年に中国大陸から排出された工業由来のVOCは約1,436万トン(2014年、日本の総排出量は約69万トンと、中国の21分の1にすぎない)。その内、工業塗装関係は400万トンと全体の28%を占め、塗料自体から発生するVOCも含めれば全体の30%と、最大の発生源になっている。これは、VOCの主たる発生源であると問題視されている石油(同21%)、化学工業(同23%)よりも大きい。

中国のみならず、中国大陸から日本へ飛来するPM_{2.5}による越境大気汚染の影響も甚大である。日本では例年、冬季から春季にかけて一時的なPM_{2.5}濃度の上昇がみられる。下記の状況などから総合的に判断すると、中国大陸からの越境大気汚染の影響が寄与しているものと考えられる。まず1点目として、西日本の広い地域で環境基準(一日の平均値)を超えるPM_{2.5}が観測されることである。これは、中国から日本に向かって吹く偏西風に乗って飛来する。2点目として、自動車や工場・事業所の少ないため、都市汚染の影響の少ないと考えられる九州西端の離島にある国立環境研究所の観測所でも濃度上昇が観測され、かつ、その成分に硫酸イオンが多く含まれていることである(硫酸イオンの濃度上昇がPM_{2.5}質量濃度の上昇に大きく寄与している)。3点目に、国立環境研究所の推計に基づけば、北東アジア(主に中国)における広域的なPM_{2.5}による大気汚染の一部が日本にも及んでいるという分析結果が得られていることである。

従って、中国の大気が改善されれば、中国大陸から日本に飛来していると推測される中

国大陸で生成された大気汚染物質が軽減され、結果的に日本の大気が改善されるものと考えられる。

1-2 当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令など

中国の李克強総理は、2017年3月5日全国人民代表大会の政府活動報告において、「空気の質の改善は人民大衆の切実な願いであり、人民大衆に合格をもらえる結果を出さなければならない。青い空を守る戦いに断固として勝利する」と述べた。そして、2018年3月5日全国人民代表大会の政府活動報告において、「PM2.5濃度と重度汚染日数の低減に向けて、汚染対策に持続的に注力する」と宣言した。

中国政府は、冬季集中暖房のエネルギー供給源を石炭から天然ガスに転換したり、環境汚染物質を排出する工場の稼働停止や都市郊外への強制移転を敢行したりしている。また、自動車使用に関しては、ナンバーによる通行制限や、自動車取得時点での規制（ナンバー取得の有償化）などによる対策を図っている。しかしながら、「石炭から天然ガスへ」を急速に推進した結果として天然ガスが不足する事態に陥り、工場の強制的な稼働停止や移転は経済成長を下押しし、「公害の（都市から郊外への）移転」との批判も出ている。また、自動車の通行制限は自動車保有の実質的価値を低下させている。ナンバー制限を回避するために、さらにもう一台自動車を追加購入する結果、大都市近郊の自動車台数が増加するという逆効果も生じている。現時点における中国政府の対策は、いずれも持続可能なものとは言えず、抜本的な解決には至っていない。

中国政府はVOCの排出抑制に向けて政策、法令を相次いで発布し、規制を厳格化している。国の政策の大きな潮流としては、2013年に策定された「大気汚染防止行動計画（“大気十条”）」、2015年の「大気汚染防止法」改正、2016年に策定された「第13次五カ年計画（2016～20年）」、2018年1月から施行された「環境保護税法」である。

1-3 当該開発課題に関連する我が国国別開発協力量針

急速な経済成長がもたらした環境問題などの諸課題に直面する中国に対する日本の開発協力量針では、現地に進出する日本企業が抱える経営課題への裨益、また、越境公害の改善など、日本国民の生活に直接裨益する技術開発協力が望まれている。

第2章 加美電子工業、製品・技術の概要

2-1 加美電子工業の概要

1970年6月1日に宮城県加美郡加美町にて創立し、塗装・印刷などの表面処理加工を主業としている。資本金4,800万円、従業員数102名（2017年3月現在）である。

営業品目は、有機溶剤塗装（金属・プラスチック）、水系塗装、UV塗装、スクリーン印刷各種、UV印刷、パッド印刷、レーザー加工、ホットスタンプ、アルマイト処理、版下・製版作成各種、精密導電性回路印刷、蛍光体インキ製造、二酸化炭素塗装を行っている。

電子部品・機械部品・光学部品などの表面処理加工を主体に一貫生産を担う。意匠性（色彩・光沢・デザイン）および塗膜品質が高いレベルで要求される自動車内装部品やモバイル

機器などを生産している。金属加工、メッキ、プラスチック成型加工などは協力企業との分業体制で実施している。2011年3月、中華人民共和国江蘇省蘇州市吳江区に「吳江加雅電子有限公司」を単独資本で設立しており、主にスクリーン印刷、パッド印刷、ホットスタンピング、プレス加工、組み立てを行っている。

2-2 提案製品・技術の概要

(1) 製品・技術の名称

「炭酸ハイブリッド塗装システム」

(2) 特長

塗装業界では噴霧しやすいように塗料に希釈溶剤（シンナーなど）を混ぜて塗布しているため、VOCが発生するという問題がある。加美電子工業が開発した「炭酸ハイブリッド塗装システム」は、従来の有機溶剤スプレー塗装（特に工業塗装）において、塗料の粘度を低下させるために大量に使用される希釈溶剤（揮発するとVOCになる）を、高圧状態にある少量の液体二酸化炭素（以下、液化炭酸ガス）に代替することによって、塗料をサラサラにして噴霧しやすくなる性質を利用して塗装する、「世界初」のスプレー塗装技術である。

また、使用する液化炭酸ガスは、発電所や化学工場などからの排気を再利用しているため環境に優しい。水性塗料と異なり、スプレー直後に大半の液化炭酸ガスは蒸発することから、水性塗料に比べて乾燥に要する時間も短縮できる。総体的にエネルギー消費量も小さくなる。本技術は、産業技術総合研究所（産総研）、宮城県産業技術総合センターと加美電子工業の産官連携による共同開発を経て、世界で初めて実用化に至ったものである。

最大の特徴は、

- ① VOCの削減効果である。希釈溶剤を液化炭酸ガスで代替することにより、塗装工程で発生するVOCを従来の塗装方法（有機溶剤塗装）の50%まで削減できる。
- ② 炭酸ハイブリッド塗装で使用する液化炭酸ガスは化学工場などの排気（二酸化炭素を高濃度に含む）を再利用しているため温室効果ガスを追加的に発生させない。二酸化炭素は大気中に存在していることから、人体への負荷は小さいと考えられる。
- ③ 希釈溶剤を大幅削減できる一方、従来の溶剤塗装と変わらない高品質な塗膜が得られる。
- ④ 塗着効率（塗装に使用する塗料の使用量に対して製品に付着する量）が向上する結果、塗料使用量を低減できる。また、液化炭酸ガスは希釈溶剤に比べ安価（重量単価で半値以下）で、塗装工程のランニングコストを低減できる。

(3) 製品のスペック

本製品は、①二酸化炭素を加圧・供給する炭酸供給ユニット、②塗料を加圧・供給する塗料供給ユニット、③それらを混合し攪拌する混合ユニットの3つから構成されている。混合された二酸化炭素と塗料はレギュレーター・ホースを通過し、塗装ガンから噴霧される。基本的な製品開発は終了しているが、それぞれ塗装する製品分野毎に塗装方法が異なっており、それらにスペックを適合させる必要がある。

(4) 国内外での販売実績

国内では、自動車内装部品、建設機械業界に塗装機器の販売実績がある。また、家電業界にもスペックインの実績がある。

海外では、大手メーカーの塗装工場にデモ機を導入しフィージビリティスタディを現在実施中である。また、世界最大手某メーカーの塗装下請け工場向けに日本のラボでフィージビリティスタディを実施中である。

(5) 国内外の競合他社製品との比較優位性

液化炭酸ガスを使用した塗装システムは日本発・東北発、世界唯一の技術であり、競合品および代替品は無い。価格、スペックも比較対象は無い。VOC 削減に寄与する塗装方法という点では「粉体塗装」や「水系塗装」が競合技術である。

(ア) 水系塗装

「水系塗装」は、従来の有機溶剤系塗料のシンナーを水に置き換えた塗料を使用して塗装する方法である。シンナーを使用しないという点で炭酸ハイブリッド塗装よりも VOC は削減できるが、5～30%程度の乾燥制御などのためのアルコール系溶剤や、造膜助剤としての VOC 成分（溶剤）は含まれているため、VOC の発生が完全にゼロに抑えられるわけではない。塗装方式は、高速の空気と衝突させて霧化する「エアスプレー方式」や、塗装の対象物が金属の場合は回転させたベル型のディスクの力で霧化させてシェービングエア（空気）と静電気で塗着させる「静電回転霧化方式」が採用されている。

塗装の対象物に付着している油分汚れを塗装前に除去する洗浄設備や、温度・湿度を管理できる空調設備、排水設備、焼き付け乾燥に際しては有機溶剤よりも沸点が高い水分を塗膜中から乾燥させるため、乾燥設備の増強も必要になるなど、設備の新規導入、エネルギーなどのランニングコストが炭酸ハイブリッド塗装よりも多くかかる。

エアスプレー方式は塗着効率が落ちる。塗料がエアの気流に乗って流されてしまうため、塗着状態にムラが生じて、塗着効率は約 40～60%にとどまる。一方、静電回転霧化方式の塗着効率は 65～85%である。

塗装品質は塗膜性能・外観、乾燥条件面で大きく劣る。これは塗料成分の大幅な変更が必要となる結果、品質維持が困難になるからである。水と相性の良い材料を使うため、塗膜の耐水性・耐候性の低下も避けられない。溶剤系塗装のような平滑で外観の良い塗膜はできにくい。主に建築・建材・自動車（新車）製造などに使用されているにとどまる。

水系塗装は VOC の削減という点だけ見れば最も有効だが、導入・維持するための膨大なコスト、塗装品質での劣位など課題は多く、普及は一部の分野にとどまっているのが現状である。

(イ) 粉体塗装

「粉体塗装」は、粉状の固形塗料を静電気で塗装の対象物へ吹き付けて塗装する方法である。固形塗料を使用するため、発生する VOC をほぼゼロにすることができる。さらに製品に付着しなかった塗料を回収すれば再利用することができ、塗着効率を限りなく 100%に出来る。しかしながら、吹き付け後、塗料をいったん高温（150～200℃）で熔融させて造膜するため、金属のような耐熱性のある製品にしか使用できないという欠点がある。また、膜厚も

造膜の関係上、40～150 μ mと厚くしなければならず、塗料の使用量は多くなる。

専用の塗装設備(ブース、噴霧装置など)や乾燥設備増強などが必要なため、塗装設備の大幅な変更や材料の変更が許容される塗装所に限定される。また、塗料を回収するためには、以前使用した塗料がライン、塗装ブースに残らないように洗浄する必要があり、色替えが面倒で、少量多品種の製品には不向きである。

塗装品質は、固形塗料を一度溶融させるため、塗装外観面は従来の有機溶剤系塗装と比べて劣る。また塗料が固体であるため調色が難しいこと、塗料の流動性があまり無く、アルミ顔料が配向しないためメタリックの塗装には適していないことなどの問題があり、有機溶剤系塗装に代替する塗装方法としては未だ普及していない。

(ウ) 従来の有機溶剤(シンナー)塗装

従来の有機溶剤塗装は、希釈溶剤で塗料を希釈して使用する際にVOCを大量発生させるという環境負荷が最大のネックである。塗料の種類によっても異なるが噴霧時にはVOC成分が80%程度含まれる。塗装品質は良好なことから、現時点では船舶・自動車部品・構造物・機械・家電・木工製品等、多くの分野で従来の溶剤系塗装が主流となっている。

(エ) 炭酸ハイブリッド塗装

炭酸ハイブリッド塗装は、現在使用している塗料を変更することなく、希釈溶剤を液化炭酸ガスに代替して塗装する方法である。使用する希釈溶剤(VOC)を0～50%まで大幅削減できる。

塗装方式は、液化炭酸ガスがスプレー塗装ガンから大気中に放出された際に気化・膨張するエネルギーを使って塗料を霧状化させる高压スプレーである。それにより霧化エア(圧縮空気)は不要になることから、塗着効率を向上(一般的なスプレー塗装40～60%に対して60～90%まで向上)し、塗料の使用量を抑制できる。

液化炭酸ガスは希釈溶剤よりも安価なため、両面で原価低減を図ることができる。塗料メーカーの協力のもと、塗料や希釈溶剤のVOC成分を乾燥速度の制御、液化炭酸ガスとの溶解性を持たせる調整を行うことにより、乾燥条件、塗膜状態、品質を毀損することなく、さらにVOCを削減することも可能である。

既存設備への適合性についても塗装スプレー装置の変更が軽微で、塗装条件の調整、塗料配合変更など、比較的導入が容易な技術である。そのため品質を保持しながら環境負荷軽減と経済性を同時に追求できる塗装方法として広範囲の分野での利用が期待できる。

2-3 提案製品・技術の現地適合性

中国国内の塗装業界では、VOC削減技術として水系塗装や粉体塗装化を進めているが、上述のようにさまざまな問題が有り、溶剤系塗料からの切り替えはあまり進んでいないのが実情である。炭酸ハイブリッド塗装は、現在使用している塗料を変更せずに(希釈溶剤のみ変更)VOCを大幅に削減でき、比較的軽微な変更で既存設備への導入を図ることができる技術であるため、現地の塗装ユーザーからの期待も大きい。さらに、塗着効率の向上により原価の削減もできる可能性があるため、品質を保持しながら環境負荷軽減と経済性を同時に追求できる塗装方法として広範囲の分野での利用が期待できる。

2-4 開発課題解決への貢献の可能性

炭酸ハイブリッド塗装は、塗装工程において従来の希釈溶剤（VOC）を液化炭酸ガスに置き換えることによって、中国および上海市の開発課題である VOC 削減に貢献することができる。塗装のユーザーである中国企業および現地日本企業からは、設備投資コストを極力少額に抑えられ、かつ政府の規制基準をクリアできる塗装技術が求められている。

一部の地方政府は VOC 排出量が少ない水系塗装（水性塗料の使用）への転換を勧奨しているが、水系塗装は以下主に 2 つの理由により導入は遅々としている。①既存の塗装ラインを水系塗装用に変更するには大規模な設備投資が必要で、資金潤沢な大企業でさえも追加投資に二の足を踏んでいるのが現状である。②水系塗装が適合しない製品群が多い。例えば、日本で水系化が進んでいるのは建物、建築資材程度で、自動車、機械、船舶、家具、金属製品などは水系塗装との相性が良くない。結果的に、現状では水系塗装は浸透しておらず、塗料生産全体に占める水性塗料の割合はわずか 8%に留まっている。中国では、設備投資コストをある程度抑制でき、かつ厳格な環境基準を満たすことが可能な塗装技術が求められている。

中国に進出している日本企業は 33,390 社（2015 年 10 月 1 日時点）あり、その内、上海市は 9,962 社と全国最多で、全体の約 3 割を占める。上海市公表資料によると、2015 年 7 月～2016 年 9 月にかけて、大手を含む日系企業 10 社が大気汚染防止法違反により罰金もしくは工場稼働停止の処分を受けている。本技術が中国に浸透することにより日系企業への裨益も考えられる。炭酸ハイブリッド塗装技術が中国に浸透すれば、工業塗装業における VOC 排出削減を通じて、中国から日本へ飛来する大気汚染物質の軽減にもつながる。

第3章 ODA 案件化

3-1 ODA 案件化概要

(1) ODA スキーム名称：

中小企業海外展開支援事業～普及・実証・ビジネス化事業～

(2) 提案事業名：

炭酸ハイブリッド塗装システムによる大気環境負荷低減促進への普及・実証・ビジネス化事業

(3) 意義・目的：

- ・ 中国の開発課題である大気汚染改善に向けて、「炭酸ハイブリッド塗装システム」が中国における工業塗装の VOC 排出低減に効果的な技術であることを実証し、中国国内での広範囲な普及に向けて事業スキームを策定し推進することが目的である。

(4) 事業の概要：

- ・ 中国の塗装所に加美電子工業の炭酸ハイブリッド塗装技術を導入して VOC 削減効果を実証する。上海周辺地域で VOC 削減効果や経済性、品質を評価する。
- ・ カウンターパートおよび協力企業に塗装装置を設置する。
- ・ 塗料・塗装機器・塗装設備メーカーとのアライアンスを構築する。

(5) 対象地域：

上海市

(6) 上海市を選定した理由：

- ・ 炭酸ハイブリッド塗装技術の工業塗装全体への適用可能性を本格検討するにあたり、工業塗装が多数集積する上海市を選定した。
- ・ 上海市は中国を代表する国際都市でもあり、中国全土への情報発信力、影響力に長けている。今後上海の環境基準が中国全体基準となる可能性が高い。

(7) カウンターパート機関：

上海市環境科学研究院 (SAES、Shanghai Academy of Environmental Sciences)

(8) 製品・技術の設置候補サイト：

- ・ 屋外塗装所 A 社、B 社および屋内塗装所 C 社

3-2 カウンターパート候補機関組織・協議状況

- ・ カウンターパート機関名：上海市環境科学研究院 (SAES)。SAES は環境技術に関する研究、および普及・促進を実施している、上海市環境保護局傘下の研究機関である。上海市環境保護局は、環境関連の制度・政策を策定、公布、実施を主たるミッションとするが、特に制度・政策に関しては SAES の知恵に依存している。SAES は環境保護局のシンクタンクとしての役割を果たしている。

3-3 他 ODA 事業との連携可能性

- ・ 2015 年度中小企業海外展開支援事業～案件化調査～代表企業名：株式会社タシン (法人番号 4130001033825、京都府)、調査名「北京市における自動車由来の大気汚染改善

と燃費改善案件化調査」

北京市を含む華北地域（北京、天津、河北省）においても VOC 削減は喫緊の課題であり、VOC 排出規制は厳格化している。当該事業を進めるに当たって、北京市政府関連組織、および（もしくは）北京市に拠点を置く有力な国有企業と接触する機会を有するのであれば、炭酸ハイブリッド塗装技術に関する情報を共有することによって、当該事業と炭酸ハイブリッド塗装技術との連携の可能性がある。

- ・ 環境にやさしい社会構築プロジェクト 協力期間：2016年4月～2021年3月、事業：技術協力、課題：環境管理

3-4 ODA 案件形成における課題・リスクと対応策

- ・ 中国では環境対策製品・設備の需要が年々拡大しており、具体的な案件の引合いも数多く寄せられている。その一方で、知的財産権を軽視する傾向があり、安易な類似品・模倣品が横行するなど、その対策には各国のメーカーが苦慮している。対策を確立せずに進出して新規開発・投資を行ったとしても、類似品・模倣品により販売が伸びないことを懸念し、普及・実証・ビジネス化事業に際しては特許権利化、主要技術のブラックボックス化、高品質・低コスト化、サプライチェーン管理などの対応を検討している。
- ・ VOC 規制の動向によっては、例えば水性塗装を義務付ける規制が先行導入されるリスクが想定される。VOC 規制とその対策技術で先行する欧米地域でも溶剤系塗装は多く残っていることから、水性塗装の義務化は非現実的なものと思われるが、中国の一部の地域・業界では水性塗装の義務化が進むのではないかとの憶測情報もあり、工場移転などの混乱が生じている。普及・実証・ビジネス化事業を通じて中国の先進地域である上海市と連携することにより、現実的なソリューションを提案し、広く発信することで対応したい。

3-5 期待される開発効果

- ・ 塗装の VOC 低減効果が実証される：
炭酸ハイブリッド塗装技術の場合は、塗料に含まれる有機溶剤（VOC の発生源）をどれだけ低減できるか次第で VOC の削減率も決まる。従って、普及・実証・ビジネス化事業においては、「塗料中の有機溶剤含有量を目標値まで削減する」ことによる実証・評価の方法を採用する。
導入検討中の現地塗装所において、VOC 発生量およびランニングコストを従来型の有機溶剤塗装法と比べて一定量削減する。目標値は SAES と検討した上で設定する。

第 4 章 ビジネス展開計画

4-1 ビジネス展開計画概要

VOC 規制が厳格化している中国市場をターゲットに、本事業を契機として炭酸ハイブリッド塗装技術の展開・普及を図る。

4-2 市場分析、これまでの取組

2017年11月「JICA 中小企業海外展開支援事業～案件化調査～（以下「案件化）」開始以降、カウンターパート機関 SAES と2カ月ごと（2017年11月、2018年1月）に直接協議を実施した（「案件化」以前も事前協議を複数回実施している）。

4-3 想定される課題・リスクと対応策

中国では知的財産権を軽視する傾向があり、安易な類似品・模倣品が横行するリスクがある。特許権利化、主要技術のブラックボックス化、高品質・低コスト化、サプライチェーン管理等の対応を積極的に進めていく。

4-4 日本国内地元経済・地域活性化への貢献

加美電子工業は1970年に新しい東北の農村型企業を目指して設立された。東北地方のユニークな企業として顧客の要望に応え、また地域発展に貢献するべく努力を重ねている。宮城県に3つの工場拠点を設置し、地元経済の発展および現地雇用の創出にも貢献することで、地域活性化の一役を担っている。日本企業、中小企業、特に東北被災地の企業が開発した世界初となる技術を持って海外進出し、現地で活躍することは、震災復興の観点からも極めて意義が大きいと責任を感じている。

加美電子工業は炭酸ハイブリッド塗装システムを新たな事業の柱として成長し、将来的には現在の主業である塗装加工業を炭酸ハイブリッド塗装で拡大していく構想を描いている。これは、日本の塗装業界と中小企業の技術高度化に貢献するものと考えられる。また、東北地方に新たな雇用と活気を生み出す効果も期待している。

(1) 現時点での貢献

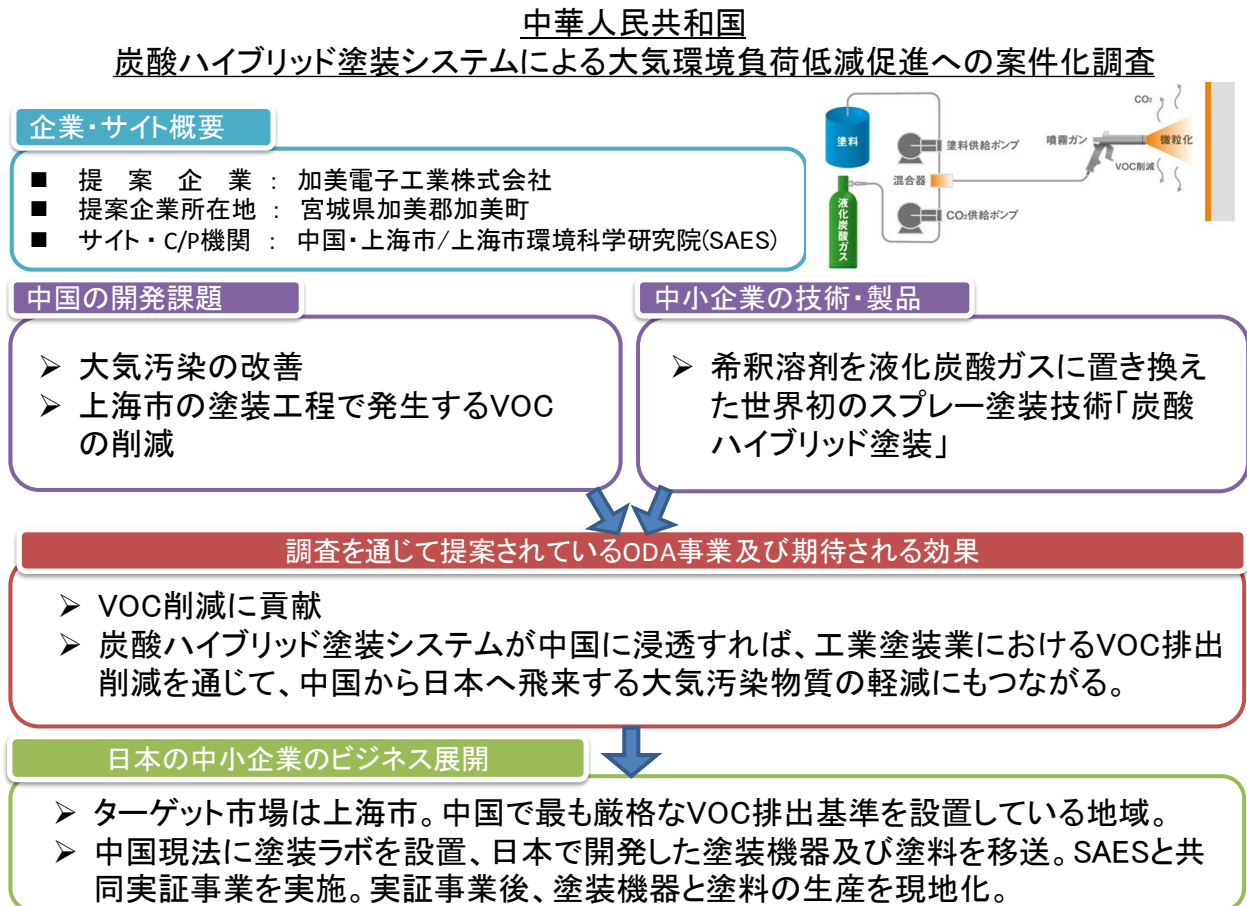
- ・ 地方自治体、大学および研究機関との連携を従前から推進しており、炭酸ハイブリッド塗装技術は、産業技術総合研究所（産総研）、宮城県産業技術総合センターと加美電子工業の産官連携による共同開発を経て完成した「世界初」のスプレー塗装技術である。
- ・ ものづくり技術、地域経済の発展への功績が認められ、過去に多くの受賞歴を有している。2017年には、世耕弘成経済産業大臣より地域経済の成長・発展を牽引する「地域未来牽引企業」に選定された。

(2) ODA 案件化により今後見込まれる貢献

- ・ 本事業、普及・実証・ビジネス化事業は安倍政権が推進する「地方創生」「震災復興」戦略に合致している。
- ・ ODA 案件化が本格稼働した際には、中国現地事業を日本側からバックアップするための体制構築が必要となる。そのため、加美電子工業社内で事業推進本部（仮名：炭酸ハイブリッド塗装事業推進本部）の新設を検討している。経営幹部人材、事業推進リーダー、技術開発者などを8～10名程度新規雇用する必要がある。
- ・ 国内の雇用拡大に貢献し、地域経済の活性化につながることを期待される。
- ・ 中国における販売実績の積み上げによって、東南アジア・南アジアなど、他の開発途上国での需要が拡大する可能性が高い（現在、ベトナムからの引合いもある）。タイ、

マレーシア、ベトナム、インドなどでの販売が可能になると売上はさらに大きく伸び、国内の雇用に貢献し、地域経済の活性化につながることを期待される。

ポンチ絵（和文）



はじめに

1. 調査名

和文：炭酸ハイブリッド塗装システムによる大気環境負荷低減促進への案件化調査

英文：Feasibility Survey for VOC Reduction of Aerial Environment by Carbon Dioxide Coating System

2. 調査の背景

中華人民共和国（以下、「中国」という）では、近年、経済活動の拡大や自動車の急速な普及などに伴い、微小粒子状物質（以下、「PM2.5」という）による大気汚染が深刻化している。PM2.5は、大気中に排出された揮発性有機化合物（トルエン、ベンゼン、フロンなどの主に溶剤・燃料に含有されている物質。以下、「VOC」という）が窒素酸化物（NO_x）と混合し、太陽からの強い紫外線による化学反応で二次生成される。そのため、PM2.5削減のために、VOCの排出を抑制することが喫緊の課題となっている。

2015年に中国から排出された工業由来のVOCは約1,436万トン（2014年日本の総排出量は約69万トン）であり、その内工業塗装関係は400万トンと全体の28%（塗料自体から発生するVOCも含めれば30%）を占める。特に上海市は自動車製造業および造船業が集積し、その製造能力は約350万トン/年で全国の40%超を占めており、多くのVOCが上海から排出されている。

こうした状況を受け、中国政府は「第13次五カ年計画（2016～2020年）」で重点的な排出削減物質の一つにVOCを指定し、2020年までに排出量10%削減を定めている。また、上海市は15%以上削減する必要があるとあり、全国より厳格な数値目標を課されている。さらに、工業塗装における削減目標も全国では20%削減だが、上海市は30%の削減が必要とされる。他にも、工場の稼働停止や都市郊外への移転、自動車使用に関しては番号制限（ナンバーごとに通行を制限）や自動車取得時点での規制（ナンバー取得の有償化）などによる対策を行ってはいるものの、依然抜本的な解決には至っていない。

本事業においては、加美電子工業の有する「炭酸ハイブリッド塗装」によるVOC削減の適用可能性の確認を行い、ODAを通じた提案製品の現地活用可能性、およびビジネス展開にかかる検討を行うことを目的としている。

3. 調査の目的

本事業を通じて確認される提案製品・技術の途上国の開発への活用可能性を基に、ODA案件化およびビジネス展開計画が策定される。

4. 調査対象国・地域

中華人民共和国・上海市、浙江省（舟山市）、重慶市、四川省（成都市）、広東省（深セン市、東莞市、広州市、佛山市）、江蘇省（南京市、南通市、張家港市）、北京市、

吉林省（長春市）。特に C/P 機関が拠点を置く上海市、および周辺の華東地域（浙江省、安徽省、江蘇省）を重点調査対象地域とする。

5. 調査団員構成

表 1 調査団員構成

氏名	担当業務	所属先
早坂宜晃	業務主任者（本事業取り纏め）/ビジネス展開計画立案（主担当）	加美電子工業株式会社
福原司	業務主任補佐/ビジネス展開計画立案（経営・事業戦略担当）	加美電子工業株式会社
佐藤仁	業務主任補佐/ビジネス展開計画立案（製品・技術課題担当）	加美電子工業株式会社
衣笠一步	チーフアドバイザー（本事業取り纏めをサポート）/海外市場調査/ビジネス展開計画立案（サポート）	日立（中国）有限公司
陳威	海外市場調査/ビジネス展開計画立案（サポート）	日立（中国）有限公司
成田昇	海外市場調査（製品・技術面）/ビジネス展開計画立案（サポート）	長瀬産業株式会社
山口潤	現地カウンターパート連携（中国側）	北九州市
青柳祐治	海外市場調査アドバイザー（環境規制など）	北九州市
井上欣治	現地カウンターパート連携（日本側）	北九州市

6. 現地調査行程

表 2 現地調査行程

調査区分	調査時期	主な訪問先	調査内容
第 1 回現地調査：上海	2017 年 11 月 13 日 上海	日立（中国）有限公司	知財戦略に関するアドバイスを受ける
	11 月 14 日 上海	SAES、上海市環境保護局・汚染防止処、JETRO 上海事務所	C/P 機関 SAES および上海市政府との連携具体化協議、合同実務者会議、市場調査
	11 月 15 日 上海	SAES	合同実務者会議
	11 月 16 日 上海	China Coat2017 展に参加	塗装装置メーカーのパートナー探索、市場調査
	11 月 17 日	SAES、メーカー	合同実務者会議、市場調査

	上海		
	11月18日 上海	商社	市場調査
第2回現地調査： 上海、深セン	2018年 1月22日 上海	上海長瀬貿易有限公司	市場調査、情報共有、関係者間での事前打合せ
	1月23日 上海	SAES、上海市環境保護局・汚染防止処、塗装所3社、塗料メーカー2社	中国企業（塗装ユーザー、塗料メーカー）を交えて本事業での連携具体化協議
	1月24日 上海	SAES、日系塗料メーカー	合同実務者会議、市場調査
	1月25日 上海	浙江大学、浙江省環境保護科学設計研究院 大気環境污染防治研究所	市場調査
	1月25日 深セン	メーカー2社	市場調査
	1月26日 深セン	メーカー2社	市場調査
	第3回現地調査： 上海、杭州	4月9日 上海	日系塗料メーカー
4月10日 長春（吉林省）		メーカー	市場調査
4月11日 長春		メーカー3社	市場調査
4月12日 杭州（浙江省）		メーカー	市場調査
第4回現地調査 北京、上海、青島、長春、天津	6月19日 北京	中国清潔空気連盟 (Clean Air Alliance of China)	中国における最先端環境保全技術を評価する「創藍獎 (Bluetech Award)」申請に向けた協議
	6月20日 上海	メーカー2社	市場調査
	6月21日 上海	日系塗料メーカー	第3回現地調査のフォローアップ会議
		SAES、塗装所3社	合同実務者会議

	6月22日 上海	メーカー2社	市場調査
	6月25日 青島	メーカー	市場調査
	6月26日 長春	メーカー3社	市場調査
	6月27日 長春	メーカー	市場調査
	6月28日 天津	メーカー2社	市場調査、塗装現場見学
	6月29日 天津	メーカー	市場調査、塗装現場見学
第5回現地調査 仏山、上海、昆 山、成都	8月20日 佛山(広東 省)	仏山市南海区環境局、 地場コンサルティング 企業	市場調査
	8月20日 佛山	塗装所	塗装現場見学
	8月21日 上海	メーカー	市場調査
	8月21日 上海	メーカー	第4回現地調査のフォローア ップ会議、塗装現場見学
	8月22日 上海	メーカー2社	第4回現地調査のフォローア ップ会議
	8月22日 上海	メーカー	市場調査
	8月23日 昆山(江蘇 省)、上海	昆山市千灯鎮人民政 府、メーカー	市場調査
	8月24日 成都	成都市環境局、四川大 学、メーカー	市場調査
	8月24日 上海	上海北九州市駐在事 務所	案件化調査の進捗報告

第1章 対象国・地域の開発課題

1-1 中国および上海市が抱える開発課題

中国では近年、経済活動の拡大（工場などの固定性汚染排出源）や自動車の急速な普及（移動性汚染排出源）などを原因とする大気汚染が深刻化している。特に、北京、上海、広州などの大都市圏ではそれが著しい。大気汚染物質の一つである「揮発性有機化合物（Volatile Organic Compounds、以下 VOC）」の排出抑制、ひいては人体に甚大な悪影響を及ぼすとされる「微小粒子状物質（Particulate Matters、以下 PM_{2.5}¹）」、「微粒子状物質（以下 PM₁₀）」の排出抑制が社会経済開発上の最重要課題の一つとなっている。

「PM_{2.5}」とは、大気中に浮遊する小さな粒子のうち、粒子の大きさが 2.5 μm (1 μm=1mm の 1,000 分の 1) 以下の非常に小さな粒子をいう。その成分には、炭素成分、硝酸塩、硫酸塩、アンモニウム塩の他、ケイ素、ナトリウム、アルミニウムなどの無機元素などが含まれる。また、さまざまな粒径のものが含まれており、地域や季節、気象条件などによって組成も変動する。

PM_{2.5} が発生するメカニズムについては、物の燃焼などによって直接排出されるもの（一次生成）と、環境大気中での化学反応により生成されたもの（二次生成）とがある。一次生成粒子の発生源としては、ボイラーや焼却炉など「ばい煙」を発生する施設、コークス炉や鉱物堆積場など「粉じん（細かい塵）」を発生する施設、自動車、船舶、航空機などの他、土壌、海洋、火山など自然由来のものや越境汚染による影響もある。また家庭内でも、喫煙や調理、ストーブなどから発生する。二次生成粒子は、火力発電所、工場・事業所、自動車、船舶、航空機、家庭などの燃料燃焼によって排出される「硫黄酸化物（SO_x）」や「窒素酸化物（NO_x）」、燃料燃焼施設の他に溶剤・塗料の使用時や石油取扱施設からの蒸発、森林などから排出される「VOC」などのガス状物質が、大気中で光やオゾンと反応して生成される。すなわち、大まかに言えば、PM_{2.5} および PM₁₀ の原因物質は、一次生成粒子の発生源である「ばい煙」「粉じん（細かい塵）」、二次生成粒子の発生源である「硫黄酸化物（SO_x）」「窒素酸化物（NO_x）」「VOC」と言える。VOC は、大気中の化学反応を通じて二次生成有機エアロゾル（Secondary Organic Aerosol, SOA：数百種類の有機化合物質によって生成された混合物）を生成する。

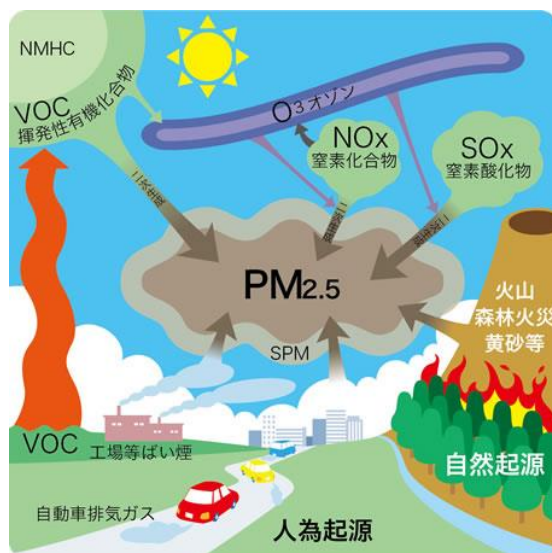
中国政府・生態環境部によれば、現在の中国大陸で発生している PM_{2.5} の主原因は VOC にあるとされる²。例えば北京市の場合、PM_{2.5} に占める二次生成粒子の割合は 73%（2017 年）に達する。PM_{2.5} は粒子の大きさが非常に小さい（髪の毛の太さの 30 分の 1）ため、肺の奥深くまで入りやすく、喘息や気管支炎などの呼吸器系疾患への影響のほか、遺伝子の突然変異や肺塗装ガンへのリスクの上昇、循環器系への影響³も懸念されている。

1 PM_{2.5} は直径 0.0025mm 以下の粒子状物質（髪の毛の直径の約 40 分の 1）、PM₁₀ は直径 0.01mm 以下の粒子状物質（髪の毛の直径の約 10 分の 1）。PM₁₀ に占める PM_{2.5} の割合は 5～7 割程度とされ、相関関係を有する。

2 中華人民共和国・生態環境部「北京市 PM_{2.5} 来源解析」、2017 年 9 月 15 日。

3 [早川和一、鳥羽陽、唐寧、亀田貴之、2014]。PM_{2.5} の健康影響に関して。日本・環境省の環境基準（人の健康を保護する上で維持されることが望ましい基準）として「1 年平

結論として、PM2.5は大気中に排出されたVOCが窒素酸化物（NOx）と混合し、太陽からの強い紫外線による化学反応で二次生成される。そのため、PM2.5を削減するためにはVOCの排出を抑制することが鍵となる。



出典：広島県大気情報ポータルサイト

図 1 VOCの発生メカニズム

中国の大気汚染は、時系列的に見れば改善傾向にある。2016年、全国338の都市において、PM2.5が $75\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下の大気環境優良日数は年間78.8%と、前年比2.1%上昇した。北京・天津・河北省周辺は年間56.8%、上海周辺は年間76.1%、広州周辺は年間89.5%となった⁴。しかしながら、水準としては依然深刻な域を脱していない。

図2は米国当局が発表している大気質指数（AQI⁵）である。世界全体で見ると、米国、欧州、豪州などは大半の都市が100ポイント以下（緑が「良好」、黄色が「普通」）であるのに対し、中国は150ポイント（赤は「重度汚染」、紫は「深刻な汚染」レベル⁶）以上の都市が多い。また、詳しくは後述するが、中国の大気状況が悪い日は、朝鮮半島、さらに

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」と定めている。環境省が2013年2月に設置した「微小粒子状物質（PM2.5）に関する専門家会合」では、健康影響が出現する可能性が高くなると予測される濃度水準として、注意喚起のための暫定的な指針となる値を1日平均値 $70\mu\text{g}/\text{m}^3$ と定めている。

4 2020年までに地区級以上都市の大気環境優良日数を80%以上とする目標を掲げている。

5 O3、PM10、PM2.5、CO、SO2、NO2の中から、最も大気中濃度が高い物質を「AQI」としている。

6 大気質指数の分類は、50ポイント以下が「良好（Good）」、51～100ポイントが「普通（Moderate）」、101～150ポイントが「軽度汚染（Unhealthy for sensitive groups）」、150～200ポイントが「重度汚染（Unhealthy）」、201～300ポイントが「深刻汚染（Very Unhealthy）」、301ポイント以上が「危険（Hazardous）」。

は日本への越境汚染もみられる。



出典：世界の大気汚染 リアルタイム大気質指数ビジュアルマップ

<http://aqicn.org/map/world/jp/>

図 2 中国の大気汚染の現状（2018年3月27日）

大気汚染関連環境基準には、「大気環境品質基準」と「大気汚染物排出基準」がある。2017年6月5日、環境保護部が公表した「2016年中国環境状況公報」によると、2016年の大気汚染状況は、モニタリングが実施された中国全国338の地級市⁷および地級市以上の都市において、前者、すなわち大気環境品質基準（GB3095-2012）を完全に達成できたのは84都市（全体の24.9%）と、全体の4分の1にとどまっており、残りの4分の3に当たる254都市（全体の75.1%）では、いずれかの項目が基準を超過し、基準は未達成に終わった。空気の質が「優良（AQIが50ポイント以下）」となった日数の平均割合が78.8%となり、2015年比で2.1%ポイント上昇した。

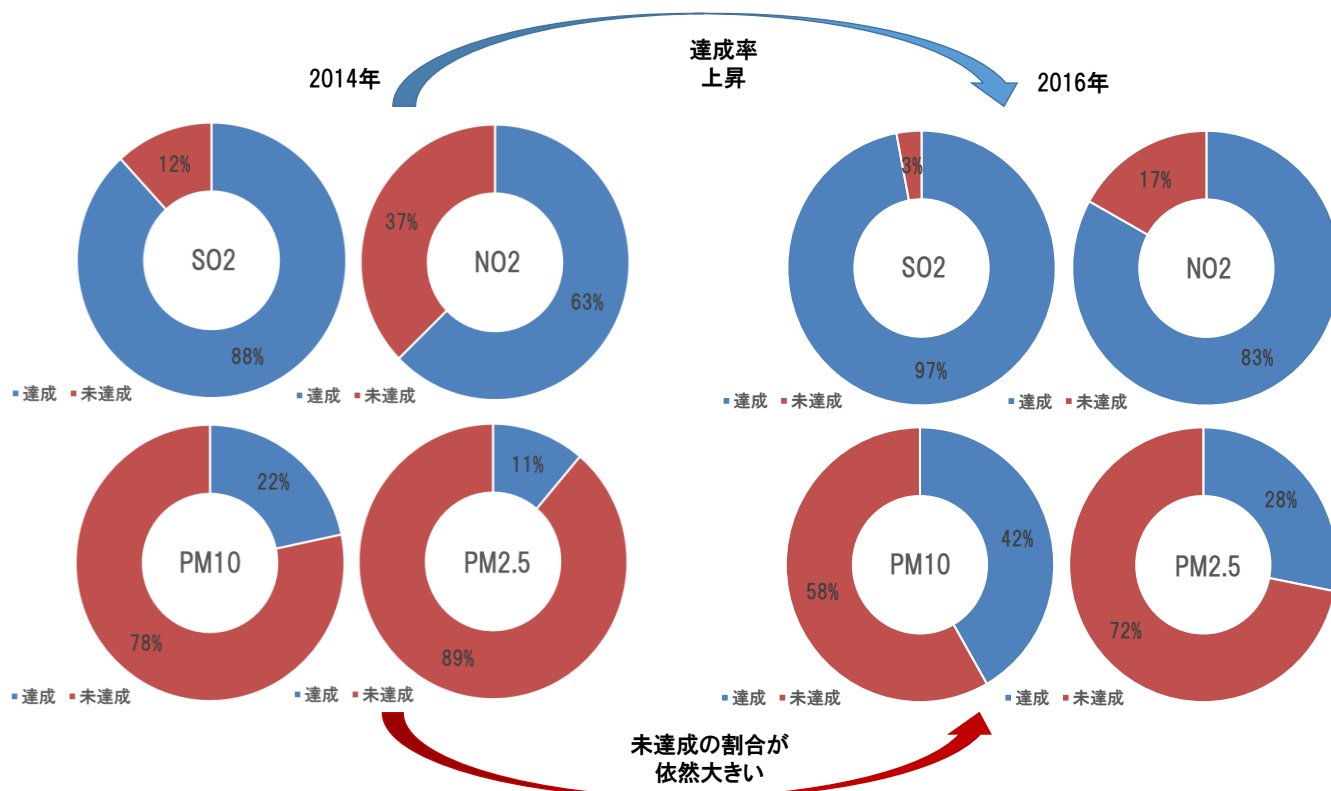
図3は、大気品質基準の各項目別の達成状況を2014年と直近2016年とで比較したものである。SO₂の基準8を達成した都市の割合は97%（2014年比9%ポイント改善）、NO₂は83%（同20%ポイント改善）、一酸化炭素（CO）は97%、PM₁₀は42%（同20%ポイント改善）、PM_{2.5}は28.1%（同17%ポイント改善）、オゾン（O₃）は82%となっている。SO₂、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5}いずれも達成率は上昇傾向にある。

しかしながら、PM₁₀、PM_{2.5}は依然として未達成の割合が6~7割近くを占めており、特

⁷ 中国の行政単位。地区、自治州、盟とともに二級（地級）行政区を構成する。「地区レベルの市」の意味。中華人民共和国憲法では、行政区画は「省級」「県級」「郷級」の3級と規定されているが、実際には、直轄市と少数の省を除き、おもに「省級」「地級」「県級」「郷級」の4級区画が施行されている。

⁸ 一級基準エリア（自然保護区など特殊な保護が必要な地域）は年平均 $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、日平均 $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、一時間平均 $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。二級基準エリア（都市計画で確定された居住エリア、商業地区など）は年平均 $60\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、日平均 $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、一時間平均 $500\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

に人体への影響が最も憂慮されている PM2.5 の達成率が一番悪い。PM2.5 は複数の要因が相互に関係して発生しているため、一朝一夕には対策が困難であることが達成率の悪い理由と思われる。こうした状況を踏まえて、中国政府は VOC 対策を急速に進めている。



出典：中国環境保護部「2016年中国環境状況公報」

図 3 各大気汚染物質の国家基準達成状況（2014年→2016年比較）

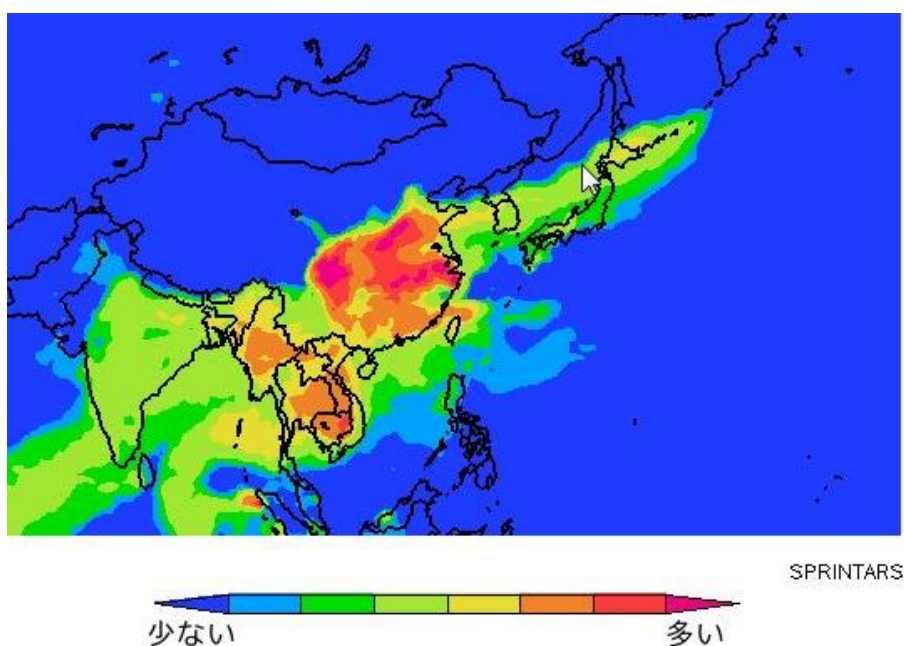
VOC の多くは工業塗装に由来すると考えられている。「国务院發展研究センター資源および環境所」と華南理工大学の共同研究結果によれば、2015年に中国大陸から排出された工業由来の VOC は約 1,436 万トン（2014年、日本の総排出量は約 69 万トンと、中国の 21 分の 1 にすぎない）。その内、工業塗装関係は 400 万トンと全体の 28% を占め、塗料自体から発生する VOC も含めれば全体の 30% と、最大の発生源になっている。これは、VOC の主たる発生源であると問題視されている石油（同 21%）、化学工業（同 23%）よりも大きい。

工業塗装の中でも、自動車、船舶、建設機械などの工作機械、家具といった塗装面積が広い製品群への対策が求められている。本事業の対象地域である上海市には、自動車製造業および造船業が集積する。上海に拠点を置く自動車製造業の総資産額は合計 5,000 億人民元である（全国合計 4.6 兆人民元）、利益総額は 900 億人民元（同・5,000 億人民元）と全国第 1 位（2013 年末、国家統計局）。また上海には、国内最大造船会社・中国船舶工業集团公司など大型造船業も集まる。約 350 万トンとされる上海の造船能力は全国の 40% 超を占め

る。そのため、自動車および船舶の塗装工程で発生する VOC の削減が喫緊の課題となっている。

中国のみならず、中国大陸から日本へ飛来する PM2.5 による越境大気汚染の影響も甚大である。日本では例年、冬季から春季にかけて一時的な PM2.5 濃度の上昇がみられる。下記の状況などから総合的に判断すると、中国大陸からの越境大気汚染の影響が寄与しているものと考えられる。まず 1 点目として、西日本の広い地域で環境基準（一日の平均値）を超える PM2.5 が観測されることである。これは、中国から日本に向かって吹く偏西風に乗って飛来する。2 点目として、自動車や工場・事業所の少ないため、都市汚染の影響の少ないと考えられる九州西端の離島にある国立環境研究所の観測所でも濃度上昇が観測され、かつ、その成分に硫酸イオンが多く含まれていることである（硫酸イオンの濃度上昇が PM2.5 質量濃度の上昇に大きく寄与している⁹）。3 点目に、国立環境研究所の推計に基づけば、北東アジア（主に中国¹⁰）における広域的な PM2.5 による大気汚染の一部が日本にも及んでいるという分析結果が得られていることである。

従って、中国の大気が改善されれば、中国大陸から日本に飛来していると推測される中国大陸で生成された大気汚染物質が軽減され、結果的に日本の大気が改善されるものと考えられる。



出典：九州大学 SPRINTARS

図 4 中国大陸から日本へ飛来する PM2.5（越境大気汚染の状況）

1-2 当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令など

中国の李克強総理は、2017 年 3 月 5 日全国人民代表大会の政府活動報告において、「空

9 奈良県景観・環境総合センター研究報告「平成 25 年度 PM2.5 成分分析の結果について」

10 臨床環境医学（第 23 巻第 2 号）「多環芳香族炭化水素類から見た東アジアの PM2.5」

気の質の改善は人民大衆の切実な願いであり、人民大衆に合格をもらえる結果を出さなければならない。青い空を守る戦いに断固として勝利する」と述べた。そして、2018年3月5日全国人民代表大会の政府活動報告において、「PM2.5濃度と重度汚染日数の低減に向けて、汚染対策に持続的に注力する」と宣言した¹¹。

中国政府は、冬季集中暖房のエネルギー供給源を石炭から天然ガスに転換したり、環境汚染物質を排出する工場の稼働停止や都市郊外への強制移転を敢行したりしている。また、自動車使用に関しては、ナンバーによる通行制限¹²や、自動車取得時点での規制（ナンバー取得の有償化）などによる対策を図っている。しかしながら、「石炭から天然ガスへ」を急速に推進した結果として天然ガスが不足する事態に陥り、工場の強制的な稼働停止や移転は経済成長を下押しし、「公害の（都市から郊外への）移転」との批判も出ている。また、自動車の通行制限は自動車保有の実質的価値を低下させている。ナンバー制限を回避するために、さらにもう一台自動車を追加購入する結果、大都市近郊の自動車台数が増加するという逆効果も生じている。現時点における中国政府の対策は、いずれも持続可能なものとは言えず、抜本的な解決には至っていない。

1-2-1 開発課題に関連する政策、法令など

中国政府はVOCの排出抑制に向けて政策、法令を相次いで発布し、規制を厳格化している。国の政策の大きな潮流としては、2013年に策定された「大気汚染防止行動計画（“大気十条”）」、2015年の「大気汚染防止法」改正、2016年に策定された「第13次五カ年規画（2016～2020年）」、2018年1月から施行された「環境保護税法」である。以下に詳述する。

11 2018年3月5日全国人民代表大会の政府活動報告における李克強総理の発言は以下の通り。「汚染対策の堅塁攻略戦を断固戦い抜くための案と青い空を守る戦いの勝利に向けた行動計画を策定・実施し、大気・水質・土壌汚染対策を持続的に推し進める。クリーン電力の供給を増やし、浅層地熱エネルギーの利用、石炭ボイラの省エネ化目的の改良、余熱暖房などの石炭消費量削減・代替重点プロジェクトを着実に推し進め、地元の実情に応じて北方地区で冬場の暖房のクリーン化を着実に推し進める。交通運輸構造の調整を推進し、複合一貫輸送の発展を速め、鉄道運輸の割合を高める。地域間の共同汚染対策と京津冀など重点地域の大気汚染対策を強化し、PM2.5濃度と重度汚染日数の低減に大いに力を入れる」。

12 平常時は週一回通行できない。深刻な大気汚染時はナンバーの偶数・奇数によって通行が制限される。

表 3 国レベルの VOC 関連法律法規および部門規定 (2014 年以降)

名称	公布機関	公布日	規制対象	執行日	位置付け
石油化学工業界 VOC 総合対策方案	環境保護部	2014 年 12 月 5 日	石油化学工業界 VOC 排出削減	2014 年 12 月 5 日	部門規定
大気汚染防止法 (2015 年改定版)	全人代常務委員会	2015 年 8 月 29 日	大気汚染全般	2016 年 1 月 1 日	法律
<u>VOC 汚染排出費徴収試行弁法</u>	<u>財政部、発展改革委員会、環境保護部</u>	<u>2015 年 6 月 18 日</u>	<u>揮発性有機化合物全般</u>	<u>2015 年 10 月 1 日</u>	<u>部門規定</u>
石油化学および包装印刷など試行業界 VOC 汚染排出費徴収基準策定関連問題に関する通知	国家発展改革委員会、財政部、環境保護部	2015 年 9 月 25 日	石油化学および包装印刷業界企業	2015 年 10 月 1 日	部門規定
石油化学工業界 VOC 汚染源検査指南、石油化学工業界ガス漏れ計測と修復指南	環境保護部	2015 年 11 月 17 日	石油化学工業界	2015 年 11 月 17 日	部門規定
乗用車内空気品質評価指南	環境保護部	2016 年 1 月 22 日	乗用車	旧型車両：2018 年 7 月 1 日、新型車両：2017 年 1 月 1 日	国家基準 (強制性)
国家先端汚染防止技術目録 (VOC 汚染防止分野)	環境保護部	2016 年 12 月 12 日	VOC 汚染防止技術	2016 年 12 月 12 日	部門規定
粘着剤 VOC 排出量規定	国家基準化委員会	2016 年 12 月 30 日	粘着剤	2017 年 7 月 1 日	部門規定

(2) 2013年、「大気汚染防止行動計画(“大気十条”)」を策定

2013年1月以降、PM2.5による大規模な高濃度汚染が顕在化したことを受け、中国国務院は、2013年6月に決定した大気汚染防止のための10項目の措置に基づき、2013年から2017年までの5年間にわたる中長期的な大気汚染防止対策である「大気汚染防止行動計画」を2013年9月に公布した。2017年に目標を定め、PM2.5などによる大気質の全体的な改善を目指して、石炭ボイラー、石油化学、塗装などのVOC対策、自動車・ガソリンの排出対策、老朽化施設の廃棄・更新、クリーンエネルギーの促進などを策定した。また、2014年1月には、環境保護部と31省市省政府との間で「大気汚染防止目標責任書」が締結されている。これにより、2017年までのPM10またはPM2.5濃度の削減目標が明確になった。

「大気汚染防止行動計画」に基づき、2013年から、中央財政は大気汚染防止専門資金を設定した。第12次5カ年計画期間に254億人民元(約4,230億円)を出資し、京津冀(北京・天津、河北)、長江デルタ、珠江デルタのスモッグ対策を支援してきた。2016年一年間で112億人民元を出資し、京津冀、長江デルタ、珠江デルタなどの重点地域の大気十条の執行をサポートした。

表4 大気汚染防止行動計画の目標および内容

目標		<ul style="list-style-type: none"> 2017年に全国の一定規模以上の都市のPM10の濃度を2012年比で10%以上低下させる。 京津冀(北京市・天津市周辺の華北地域)、長江デルタ(上海市などの華東地域)、珠江デルタ(広東省などの華南地域)などの地域のPM2.5の濃度をそれぞれ25%、20%、15%低下させる。 北京市のPM2.5の年間平均濃度を$60\mu\text{g}/\text{m}^3$にする。
内容	石炭ボイラーなどの施設	<ul style="list-style-type: none"> 石炭小型ボイラーの新設を停止し、大型へ集約。石炭から天然ガスに切り替え。
	多汚染物排出の減少、VOCなどの汚染物の規制強化	<ul style="list-style-type: none"> 石油化学、有機化学などで総合対策を強化。2015年末に北京など、長江デルタ、珠江デルタで石炭火力発電所などの大気汚染物質除去設備設置を完了。
	移動性汚染対策として燃料油品質の改善や老朽車の廃棄	<ul style="list-style-type: none"> 老朽車の廃棄加速、新エネルギー車の普及、ガソリン品質向上など。 石油精製設備のアップグレード、2017年末までに段階的に国V基準のガソリンなどを全国で入手可能に。
	高汚染・高エネルギー消費業種の生産設備増強の抑制	<ul style="list-style-type: none"> 市場参入条件の厳格化、生産設備増強の規制強化、新設などのプロジェクトは生産能力の低汚染・省エネを義務化。
	立ち遅れた生産	<ul style="list-style-type: none"> 環境保護、エネルギー消費、安全、品質などの基準を厳

設備の淘汰や過剰生産設備の圧縮	格化。旧式生産設備の廃棄、産業構造の調整・最適化を推進。
石炭消費総量の抑制	・ 石炭消費量削減目標の制定、2017年にエネルギー消費量に占める割合を65%以下に削減、コージェネレーション以外は石炭火力発電新設を禁止。
クリーンエネルギーの利用促進	・ 2015年に北京などに天然ガス幹線パイプラインを新設し、主に住民生活の石炭に代替、クリーンエネルギー利用拡大、2017年に原子力発電容量5,000万kwに、非化石エネルギー消費率13%に。

表 5 地方政府の削減目標

	削減目標	省・市・区
PM2.5	-25%	北京市、天津市、河北省
	<u>-20%</u>	山西省、山東省、 <u>上海市、浙江省、江蘇省</u>
	-15%	広東省、重慶市
	-10%	内モンゴル自治区
PM10	-15%	河南省、陝西省、青海省、新疆自治区
	-12%	甘肅省、湖北省
	<u>-10%</u>	四川省、遼寧省、吉林省、湖南省、 <u>安徽省</u> 、寧夏自治区
	-5%	広西自治区、福建省、江西省、貴州省、黒竜江省
	持続的改善	海南省、チベット自治区、雲南省

(3) 2015年、「大気汚染防止法」を改正

大気質の改善を目的として2015年8月に大気汚染防止法が改正された。主たる対策手法としては、①発生源対策、②計画立案・実行、③経済発展方式の転換、④産業構造配置の最適化、⑤エネルギー構造の調整など。規制対象は、燃料炭、工業、自動車・発動船舶、飛散粉塵、農業などである。

(ア) 大気汚染防止の監督管理に関して

- ・ 大気環境に影響のあるプロジェクトは、法に従い環境影響評価を行い、大気汚染物排出基準に合致し、重点大気汚染物質排出総量規制を順守しなければならない。
- ・ 有毒有害大気汚染物質を排出する企業・団体、石炭を熱源とする熱供給所などは、汚染物排出許可証を取得しなければならない。
- ・ 省・自治区・直轄市人民政府は、国務院が下達した（もしくは自ら定めた）排出総量規制目標に従い、管轄行政区域の重点大気汚染物質の排出総量を行わなければならない。
- ・ 国務院環境保護主管部門は、大気環境質と大気汚染源の監視・評価規範を制定し、全国の大気環境の質と大気汚染源を監視するシステムを建設・管理し、取り締まりを行う。

- ・ 事業者は、有毒有害大気汚染物質を監視し、記録を保存しなければならない。特に重点汚染排出事業者は、大気汚染物質排出オンラインモニタリングシステムを構築し、環境保護主管部門とネットワーク接続しなければならない。

(イ) 大気汚染防止措置に関して

- ・ 石炭の一次エネルギー消費構成比率を段階的に減少
- ・ 高汚染燃料使用禁止エリアの画定
- ・ 鉄鋼、建材、非鉄金属、石油、化学工業などにおいて集塵機、脱硫装置などによる大気汚染物質管理措置を実施
- ・ 国は低毒性、低揮発性有機溶剤の生産などを奨励

表 6 大気汚染防止法（工業塗装関連）－1

方案など	国家	上海市
名称	13・5 揮発性有機物汚染防止対策方案	上海市工業揮発性有機物対策および排出削減方案
発布	2017 年 9 月 13 日発布	2015 年 7 月 17 日発布
全体計画・目標	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2020 年に排出総量を 10%以上低減する。 ・ コンテナ、自動車、木製家具、船舶、建設機械、構造鋼、ロール材などの製造業を対象とする。 ・ 重点地区では、さらにその他交通設備、電子、家用电器製造などの業種を追加する。 ・ 重点地区は極力 2018 年末前に目標を達成させる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2016 年末までに、本市の現役工業 VOC 排出源は VOC 管理項目を基本的に完成。5 区分 2,000 社を対象に取り組む。 ・ 目標達成後の工業発生源 VOC は、年 8 万トンの排出量減少、PM2.5 の平均濃度は約 2%前後の減少を想定する。
コンテナ製造	<ul style="list-style-type: none"> ・ 箱内塗装、箱外塗装、骨組み塗装、木床板塗装などの工程では<u>水性塗料を全面使用</u> 	該当無し
自動車製造	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>高固体分（ハイソリッド）塗料、水性塗料の使用を普及</u> 	該当無し
木製家具製造	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>水性塗料、紫外光（UV）固化塗料の使用を強力に普及</u>し、2020 年末までに代替比率 60%以上に到達 ・ <u>水性接着剤を全面使用</u>し、2020 年末までに代替比率 100%に到達 	上海市地方標準 DB31/1059-201 家具製造業大気汚染物質削減標準 4. <u>塗料および接着剤 VOC 含有量制限</u> (2017 年 7 月 1 日より実施)
船舶製造	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>高固体分（ハイソリッド）塗料の使用を普及</u>し、<u>機械室内部、上部建造物内部は水性塗料の使用を普及</u> 	上海市地方標準 DB31/934-2015 船舶工業大気汚染物質削減標準 4.3 船舶用塗料 <u>VOC 含有量制限</u> (2017 年 1 月 1 日より執行)

工事機械製造	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>高固体分（ハイソリッド）塗料、粉末塗料の使用を普及</u>し、2020 年末前までに、使用比率 30%以上に到達する。 ・ <u>水性塗料の実施を試行</u>する。 	該当無し
構造鋼製造	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>高固体分（ハイソリッド）塗料の使用を強力に普及</u>し、2020 年末前までに、使用比率 50%以上に到達 	該当無し
ロール材製造	<ul style="list-style-type: none"> ・ 自動ロール塗装技術を全面普及 	該当無し
包装印刷	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>水性、大豆ベース、エネルギー固化などの低（無）VOC 含有の印刷インクと低（無）VOC 含有の接着剤、洗浄剤、潤版液、洗車水の使用を強力に普及</u> ・ 2019 年末までに、低（無）VOC 含有のグリーン原材料補助材料の代替比率は 70%を下回らない。 	上海市地方標準 DB 31/872-2015 印刷業大気汚染物質削減標準 4.1 印刷工程で使用する印刷インクの <u>VOC 含有量制限</u> (2015 年 3 月 1 日より実施)

表 7 大気汚染防止法（工業塗装関連）－2

方案など	江蘇省	安徽省
名称	江蘇省両減六治三提昇	安徽省揮発性有機物排出削減方案
発布	2017 年 2 月 20 日発布	
全体計画・目標	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2017 年末前に、化学工業団地と重点企業の VOC 総合管理を全面的に完成させる。 ・ 重点工業業種の VOC 排出総量を 2015 年比で 10%以上削減する。 ・ 2020 年までに、全省で VOC 排出総量削減 20%以上、重点工業業種の VOC 排出総量を 30%以上削減する。 ・ 2017 年末前までに、コンテナ、自動車製造業種の VOC 総合管理を完成させる。 ・ 2018 年末前までに、家具、船舶、建設機械、構造鋼、ロール材製造業種の VOC 総合管理を完成させる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 低毒低揮発性有機溶剤の使用を普及させる。 ・ <u>水性塗料など環境保護型塗料の使用を普及</u>し、低毒、低揮発性有機溶剤の生産、販売と使用を奨励する。 ・ 2014 年から、新設の自動車完成品車製造項目、印刷項目、その他工業塗装項目、印刷項目に対して低 VOC 含有物使用の目標値を設定する。 ・ クリーン生産を強力に推進し、重点業種の環境標識製品の生産および使用、<u>水性塗料の生産と使用を重点推進</u>、源流からの VOC 排出量コントロールを強力に提唱する。

コンテナ製造	・箱内外の塗装、骨組み塗装、木床板塗装などの工程は <u>水性などの低VOCを含有する塗料を全面的に使用する。</u>	該当無し
自動車製造	<u>該当無し</u>	新設の自動車完成品車製造項目は低VOC含有の塗料の使用比率は80%を下回ってはならない。
木製家具製造	・ <u>紫外線(UV)硬化、高固体分(ハイソリッド)などの低VOCを含有する塗料を使用し、溶剤型塗料を代替</u>	該当無し
構造鋼製造	・ <u>高固体分(ハイソリッド)などの低VOCを含有する塗料を使用し代替</u>	該当無し
交通工具	・ <u>高固体分(ハイソリッド)、水性、粉末、無溶剤型などの低VOCを含有する塗料を使用し代替</u>	該当無し
機械設備	・ <u>高固体分(ハイソリッド)などの低VOCを含有する塗料を使用し代替</u>	該当無し
包装印刷	・ <u>水性、アルコール溶解性、大豆ベース、紫外線(UV)硬化などの低VOCを含有する印刷インクを使用し代替</u>	<u>新設印刷項目は環境保護表示のある印刷インクを必ず使用しなければならない。</u>
人造板	・ <u>低(無)VOCを含有する接着剤を使用し代替</u>	該当無し

表 8 大気汚染防止法（工業塗装関連）－3

方案など	安徽省	安徽省合肥市
名称	安徽省の揮発性有機物汚染対策への業務計画	合肥市の揮発性有機物汚染対策への業務計画
全体計画・目標	<ul style="list-style-type: none"> ・低毒低揮発性有機溶剤の使用を普及させる。 ・<u>水性塗料など環境保護型塗料の使用を普及し、低毒、低揮発性有機溶剤の生産、販売と使用を奨励する。</u> ・2014年から、新設の自動車完成品車製造項目、印刷項目、その他工業塗装項目、印刷項目に対して低VOC含有物使用の目標値を設定。 ・クリーン生産を強力に推進し、重点業種の環境標識製品の生産お 	<ul style="list-style-type: none"> ・低毒低揮発性有機溶剤の使用を普及させる。 ・水性塗料など環境保護型塗料の使用を普及し、低毒、低揮発性有機溶剤の生産、販売と使用を奨励する。 ・2014年から、新設の自動車完成品車製造項目、印刷項目、その他工業塗装項目、印刷項目に対して低VOC含有物使用の目標値を設定。 ・クリーン生産を強力に推進し、重点業種の環境標識製品の生産お

	よび使用、 <u>水性塗料の生産と使用を重点推進</u> 、源流からの VOC 排出量コントロールを強力に提唱する。	よび使用、水性塗料の生産と使用を重点推進、源流からの VOC 排出量コントロールを強力に提唱する。
コンテナ製造	該当無し	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>環境標識製品認証を通過した環境保護型塗料、印刷インク、接着剤と洗浄剤の使用を奨励する。</u> ・ <u>塗装方法の違いを根拠として、水性塗料、高固体分（ハイソリッド）塗料、粉末塗料、紫外線硬化（UV）塗料などの環境保護型塗料の使用を奨励する。</u> ・ <u>静電吹付塗装、シャワー塗装、ローラー塗装、浸潤塗装など効率の比較的高い塗装技術を普及する。</u> ・ <u>VOC の浄化、回収措置のない露天吹付塗装は極力避けること。</u>
自動車製造	新設の自動車完成品車製造項目は低 VOC 含有の塗料の使用比率は 80% を下回ってはならない。	
木製家具製造	該当無し	
船舶製造	該当無し	
工事機械製造	該当無し	
構造鋼製造	該当無し	
ロール材製造	該当無し	
交通工具	該当無し	
機械設備	該当無し	
包装印刷	<u>新設印刷項目は環境保護表示のある印刷インクを必ず使用しなければならない。</u>	印刷工程での水性印刷インクの使用を普及し、金属印刷製缶業種は紫外線硬化（UV）印刷インクの使用を奨励し、書籍雑誌印刷業種はスクリーン印刷技術の使用を奨励する。
人造板	該当無し	人造板、靴製造、皮革製品、包装材料などの接合工程での、水性基型、熱溶着型などの環境保護型接着剤の使用を、複合膜の生産では無溶剤型複合技術などを普及させる

(4) 2016 年、「第 13 次五カ年規画（2016～2020 年）」を策定

中国政府は深刻化する環境汚染問題への対策として、第 11 次 5 カ年計画（2006～2010 年）において、単位 GDP 当たりのエネルギー消費量の 20%削減、SO₂ の 10%削減などの環境分野の具体的な改善目標を設定して対策を始めた。

第 11 次 5 カ年計画に引き続き、第 12 次 5 カ年計画（2011～2015 年）において、環境汚染対策の必要性がさらに認識されるとともに、政府が定めた環境分野の計画目標に盛り込まれた環境指標に、二酸化炭素排出量、非化石燃料の利用比率、窒素酸化物などが追加

された。中国政府は第 12 次 5 カ年計画の中に「グリーン経済」、「低炭素型経済」への転換を盛り込んでおり、上記の環境汚染物質の削減を規制やインセンティブの付与などさまざまな手段を通じて目標の達成を目指した。

その結果、各地の政府の努力によって、上記 2 つの 5 カ年計画目標に定めた拘束性目標についてはほぼすべての項目が達成された。第 11 次 5 カ年計画および第 12 次 5 カ年計画で一定の成果を挙げたことを受けて、中国政府は 2016 年からの第 13 次 5 カ年計画でも、引き続き積極的な環境改善目標を設定している。第 13 次 5 カ年計画は、第 12 次 5 カ年計画目標の項目に加えて、大気質、地表水質の目標が設定された。第 13 次 5 カ年計画期間中に大気質改善対策、特に PM2.5 対策の進展が期待されている。

(5) 2018 年、「環境保護税法」を施行

中国では PM2.5 を含む大気汚染が深刻化し、国民の不満が高まっている。こうした背景を映じて、企業から環境汚染の程度に応じて徴税することで、環境保護と改善、汚染物の排出削減に向けた企業努力を促すため、2016 年 12 月 25 日、「環境保護税法¹³」が正式に公布された。同法は 2018 年 1 月 1 日から執行された。中国の環境対策に狙いを絞った税の法制化は初めてである。

「環境保護税法」の費用を税金に変更する原則、課税対象、減免規則などの主要内容を下表にまとめる。

表 9 「環境保護税法」の主要な内容

項目	内容
費用を税金に変更する上での原則	<ul style="list-style-type: none"> ・ もともと汚染物質排出費を納めていた者を環境保護税の納税者とする。 ・ 現行の汚染物質排出費用項目に基づき、環境保護税の税目を設定する。 ・ 現行の汚染物質排出費の計算法に基づき、環境保護税の計算根拠を設定する。 ・ 現行の汚染物質排出費徴収基準を元に、環境保護税の税額基準を設定する。
納税対象者	<ul style="list-style-type: none"> ・ 自然環境へ課税対象となる汚染物質を排出する企業・事業者およびその他の経営者
課税対象汚染物質	<ul style="list-style-type: none"> ・ 大気汚染物質、水質汚染物質、固形廃棄物、騒音

13 中国は 1979 年から汚染物排出費を徴収する制度を確立させており、大気、水、固形廃棄物、騒音などの 4 類汚染物質に対し、汚染物排出費を徴収してきた。その後、徴収の過程では取締りが十分ではなく、地方政府と地方機関が干渉するなどの問題が顕在化していた。このため、政府は環境保護費を税金に変更する必要があるとして、2014 年に改定された「環境保護法」の中に、「法律の規定に基づき、環境保護税を徴収する場合、汚染物質排出費を徴収しない」という文言を付加した。2015 年 6 月 10 日、国務院法制弁公室が正式に広く意見を募集するために、「環境保護税法（意見徴収稿）」及びその解釈を公布した。そこから、各方面の意見を踏まえ、1 年間以上の補足、修正を経て、正式な「環境保護税法」が確定され、公布された。

環境税納税しないケース	<ul style="list-style-type: none"> ・ 企業・事業者およびその他の生産経営者が法に基づき、設立された汚水集中処理施設、生活ごみ集中処理場所へ課税対象となる汚染物質を排出する場合。 ・ 企業・事業者およびその他の生産経営者が国および地方の環境保護基準に適合する施設、場所で固形廃棄物を保存するか、処理している場合。 ・ 但し、法律に基づき、設立された汚水集中処理施設、生活ごみ処理場所が国または地方の汚染物質排出基準を超えて、環境に課税汚染物質を排出する場合、環境保護税を納付しなければならない。
税金軽減されるケース	<ul style="list-style-type: none"> ・ 納税者が排出する課税対象の大気汚染物質または水質汚染物質の濃度が国および地方の汚染物質排出基準を3割下回る場合、環境保護税を25%減免する。 ・ 納税者が輩出する課税対象の大気汚染物質または水質汚染物質の濃度が国および地方の汚染物質排出基準を5割下回る場合、環境保護税を50%減免する。

1-2-2 対策費用への補助金支給、排出汚染費用の徴収など

表 10 省（自治区・直轄市）レベルでの VOC 関連法律法規および対策（2015 年以降）

省市	政策名称	主な内容	執行日および公布機関
上海市	VOC 対策と削減方案、工業 VOC 排出削減企業汚染対策プロジェクト専門補助弁法	法律法規の厳格な執行、監督管理の強化および補助金支給などの総合的な対策によって、2016 年末までに、上海市内の現存の工業 VOC 排出源の VOC 排出削減プロジェクトを基本的に完成させる。補助金の支給は、重点企業と一般企業に分ける。一般企業は 20 万人民元、重点企業は実際の対策状況に基づき支給する。	2015 年 7 月 17 日、上海市環境保護部
浙江省	塗装業界 VOC 汚染物対策規範、印刷と包装業界 VOC 汚染対策規範	塗装業界および包装印刷業界の VOC 対策の達成率は、2015 年末までに 60%、2016 年末までに 80%、2017 年末までに 100%とする。また、2018 年末までに、健全な塗装業界技術ガイドラインを作成し、VOC 汚染防止の効率的な管理メカニズムを運営する。	環境保護局

表 11 華東地域（上海市、浙江省、江蘇省、安徽省）揮発性有機化合物（VOC）汚染排出費徴収試行規則

省市	政策名称	対象分野	費用徴収基準	公布日	執行日
上海市	VOC 汚染排出費徴収試行弁法	石油化工、船舶製造、自動車製造、包装印刷、家具製造、電子など 12 の大分類	2015 年 10 月 1 日から 10 人民元/kg 2016 年 7 月 1 日から 15 人民元/kg 2017 年 7 月 1 日から 20 人民元/kg	2015 年 9 月 22 日	2015 年 10 月 1 日
浙江省	VOC 汚染排出費徴収基準に関する通知	石油化工、包装印刷	2016 年 7 月 1 日から 2018 年 1 月 1 日まで 3.6 人民元/汚染当量 2018 年 1 月 1 日まで 4.8 人民元/汚染当量	2016 年 4 月 25 日	2016 年 7 月 1 日
江蘇省	VOC 汚染排出費徴収試行弁法	石油化工、包装印刷	2016 年 1 月 1 日から 2017 年 12 月 31 日まで 3.6 人民元/汚染当量 2018 年 1 月 1 日まで 4.8 人民元/汚染当量	2016 年 9 月 9 日	2016 年 10 月 1 日
安徽省	VOC 汚染排出費徴収基準	石油化工、包装印刷	徴収基準 :1.2 人民元/ 汚染当量 但し、VOC 汚染物濃度が 基準を上回った場合、 2.4 人民元/汚染当量 で徴収。VOC 汚染物濃度 が基準の 5 割以下の場 合、0.6 人民元/汚染当 量で徴収。	2015 年 12 月 30 日	2015 年 10 月 1 日

1-3 当該開発課題に関連する我が国国別開発協力量針

急速な経済成長がもたらした環境問題などの諸課題に直面する中国に対する日本の開発協力量針では、現地に進出する日本企業が抱える経営課題への裨益、また、越境公害の改善など、日本国民の生活に直接裨益する技術開発協力が望まれている。

1-4 当該開発課題に関連する ODA 事業および他ドナーの先行事例分析

- ・ 2015 年度中小企業海外展開支援事業～案件化調査～代表企業名：株式会社タシン（法人番号 4130001033825、京都府）、調査名「北京市における自動車由来の大気汚染改善と燃費改善案件化調査」

- ・ 環境にやさしい社会構築プロジェクト 協力期間：2016年4月～2021年3月、事業：
技術協力、課題：環境管理

第2章 加美電子工業、製品・技術の概要

2-1 加美電子工業の概要

表 12 加美電子工業、製品・技術の概要

法人名	加美電子工業株式会社
代表者名	早坂 裕
所在地	<本社工場・分室・第一工場・南棟> 宮城県加美郡加美町字下野目雷北 6 <第二工場> 宮城県加美郡加美町字下野目下久保南 2 <SPC 工場> 宮城県加美郡加美町字蓮田 66 - 2
設立年月日（西暦）	1970年6月1日
資本金	4,800万円
役員	代表取締役社長 早坂 裕 専務取締役 早坂 宜晃 常務取締役 平澤 昭治 常務取締役 福原 司 常務取締役 高橋 正人 取締役 早坂 明久 取締役 早坂 信 監査役 渋谷 栄喜
従業員数	92名（2018年3月）
URL	http://www.kamidenshi.com
沿革	1970年 加美電子工業株式会社 設立 2000年 新・本社工場落成 2002年 中国杭州に合弁会社設立 IS09001：2000取得 2005年 IS014001 I：2004取得 2007年 シンガポールへ表面処理加工の技術支援 2009年 第一工場稼動（水系塗装専用工場） 富県宮城グランプリ受賞 第3回ものづくり日本大賞 特別賞受賞 2011年 呉江加雅電子有限公司設立 2012年 経済産業省商務情報政策局長賞受賞 2015年 プラスチック成形加工学会技術進歩賞受賞

出典：JICA 調査団作成

1970年6月1日に宮城県加美郡加美町にて創立し、塗装・印刷などの表面処理加工を主

業としている。資本金 4,800 万円、従業員数 102 名（2017 年 3 月現在）である。

営業品目は、有機溶剤塗装（金属・プラスチック）、水系塗装、UV 塗装、スクリーン印刷各種、UV 印刷、パッド印刷、レーザー加工、ホットスタンプ、アルマイト処理、版下・製版作成各種、精密導電性回路印刷、蛍光体インキ製造、二酸化炭素塗装を行っている。

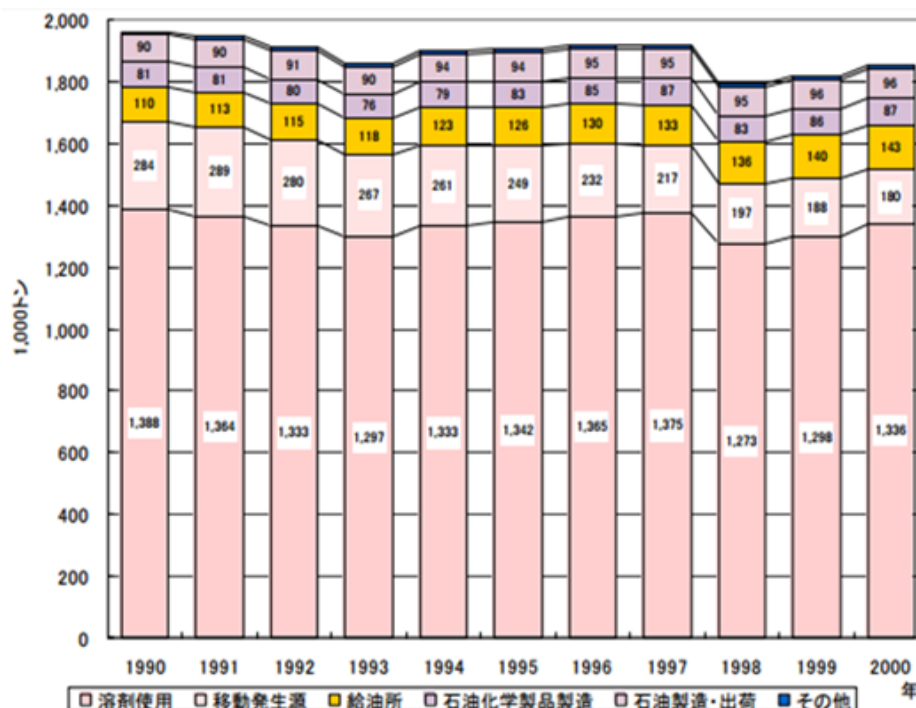
電子部品・機械部品・光学部品などの表面処理加工を主体に一貫生産を担う。意匠性（色彩・光沢・デザイン）および塗膜品質が高いレベルで要求される自動車内装部品やモバイル機器などを生産している。金属加工、メッキ、プラスチック成型加工などは協力企業との分業体制で実施している。2011 年 3 月、中華人民共和国江蘇省蘇州市吳江区に「吳江加雅電子有限公司」を独资で設立しており、主にスクリーン印刷、パッド印刷、ホットスタンプ、プレス加工、組み立てを行っている。

2-1-1 開発の経緯

日本においては、2000 年度に全産業から排出された揮発性有機化合物 (Volatile Organic Compounds 以下 VOC という) 約 140 万トンのうち 53 万トン (シェア 38%) を塗装工業が占めており、全産業の中で最大の排出業種となっていた。2006 年の改正大気汚染防止法施行に伴い VOC 規制が強化されたことを受けて、塗装工業界として、①水性塗料への転換、②有機溶剤塗料のハイソリッド化 (塗料に含まれる有機溶剤量を減らして固形分濃度を高くすることによって粘度が高くなる)、③有害有機溶剤成分の削減などの各種対策に積極的に取り組んだ。その結果、2010 年度には、2000 年度比 30%削減の目標を大幅に上回る 45%削減を実現した。

しかしながら、2010 年度に全産業から排出された 79 万トンのうち塗装工業は 29 万トン (シェア 37%) と、依然として全産業中で最大の排出業種であり、2013 年度においてもほぼ横ばいで推移していた。追加的な VOC 対策が求められる一方、特に建設機械・船舶、工業プロセスなどの大型製品では具体的な解決方法がなく、VOC 削減のニーズが極めて高かった。

図 5 は世界の VOC 排出量を示したものであるが、世界的にも「溶剤使用」からの発生が第 1 位であり、早急な削減が求められている。



出典：国連気候変動枠組条約（UNFCCC）のインベントリ

図 5 世界の VOC 排出量の推移

特に中国、EU においては厳しい削減規制が施行されている。例えば、中国では溶剤 420g/L を超過した場合、消費税 4%課税、あるいは購入 VOC 量の 70%削減の打診など、海外ビジネスを展開していく上でも大きな障壁となってきた。したがって、塗装工業における VOC 対策は最重要項目の一つとなっている。

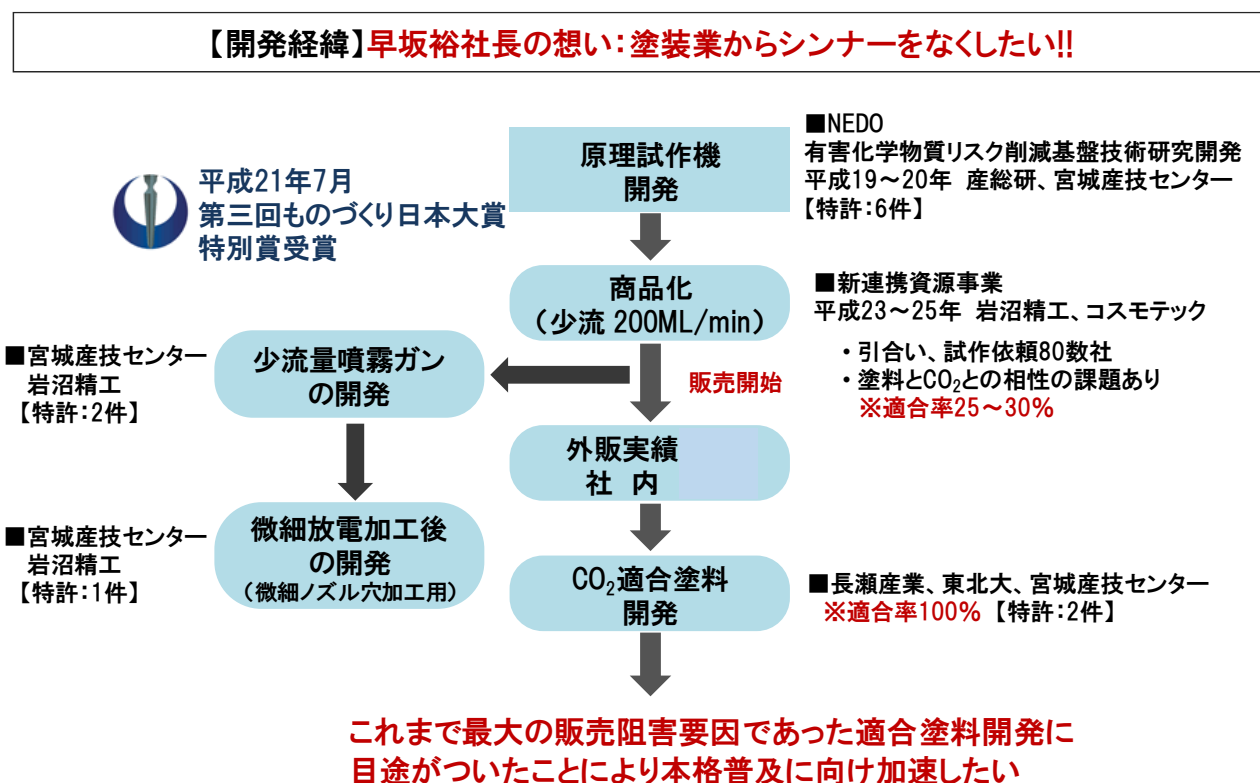
上記の背景および自社内の塗装における希釈溶剤を削減する目的で、2007～2008 年度に実施した NEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）事業を通じて、炭酸ハイブリッド塗装の基本原理の確認と原理確認用試作機を開発した。その後、2010～2013 年度に実施した、経済産業省「平成 24 年度新事業活動促進支援補助金」事業において、少流量二酸化炭素塗装機を商品化して販売を開始した。同塗装機による VOC 削減効果への反響は大きく、試作依頼は数社に及んだが、「塗料との相性¹⁴」の課題を抱え、顧客が現在使用している塗料自体を炭酸ハイブリッド塗装においても適用する「適合率」は 25～30%程度にとどまっていた。

こうした課題を解決するため、二酸化炭素適合塗料の開発を検討し、2015 年秋に塗料開発の方向性を見いだすことができた（2016 年 5 月に長瀬産業と加美電子工業の共同特許を取得済み）。販売面での最大の阻害要因であった適合塗料の開発に向けて取り組む体制が整備され、現在は本格的にユーザーニーズに合わせた塗料開発（炭酸ハイブリッド塗装に使用する塗料のカスタマイズ）を行っている。特に VOC 削減効果が大きく、大流量吐出が必

¹⁴ 二酸化炭素と塗料を混合すると塗料中の樹脂が析出してしまふなどの噴霧トラブルが発生した。

要な業種、および水性塗料化が困難な業種（建設機械・重機、航空機、造船、建材、大型車両、産業用機械、木工家具など）からの引き合いが多い。

下図に開発経緯を示す。



出典：JICA 調査団作成

図 6 開発の経緯

2-2 提案製品・技術の概要

(1) 製品・技術の名称

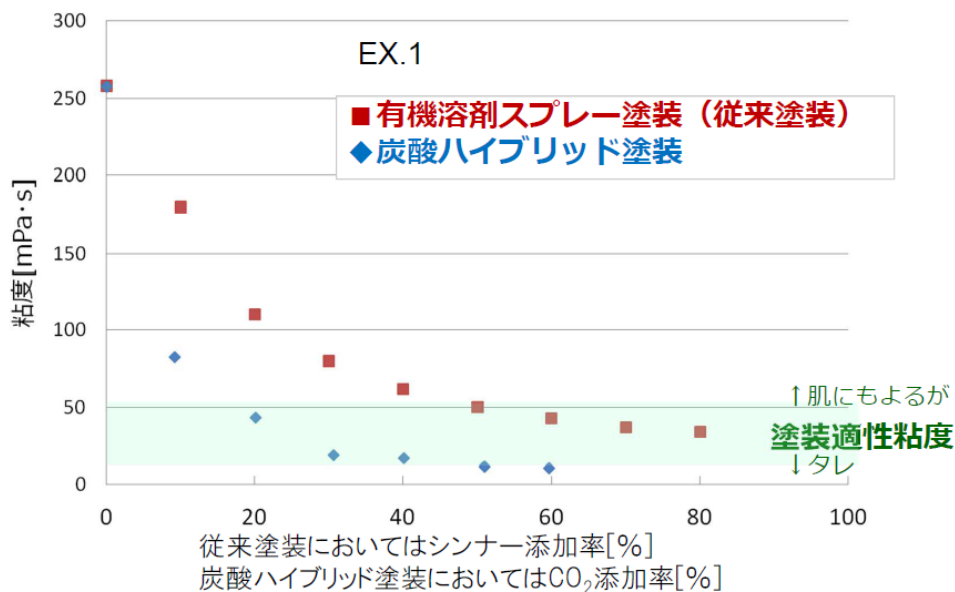
「炭酸ハイブリッド塗装システム」

(2) 特長

塗装業界では噴霧しやすいように塗料に希釈溶剤（シンナーなど）を混ぜて塗布しているため、VOCが発生するという問題がある。加美電子工業が開発した「炭酸ハイブリッド塗装システム」は、従来の有機溶剤スプレー塗装（特に工業塗装）において、塗料の粘度を低下させるために大量に使用される希釈溶剤（揮発するとVOCになる）を、高压状態にある少量の液体二酸化炭素（以下、液化炭酸ガス）に代替することによって、塗料をサラサラにして噴霧しやすくなる性質を利用して塗装する、「世界初」のスプレー塗装技術である。図7は、従来の有機溶剤スプレー塗装に比べて炭酸ハイブリッド塗装の方が、塗料の粘度を低下（塗料をサラサラに）することができるというデータを示したものである。

また、使用する液化炭酸ガスは、発電所や化学工場などからの排気を再利用しているため環境に優しい（図8）。水性塗料と異なり、スプレー直後に大半の液化炭酸ガスは蒸発す

ることから、水性塗料に比べて乾燥に要する時間も短縮できる。総体的にエネルギー消費量も小さくなる。

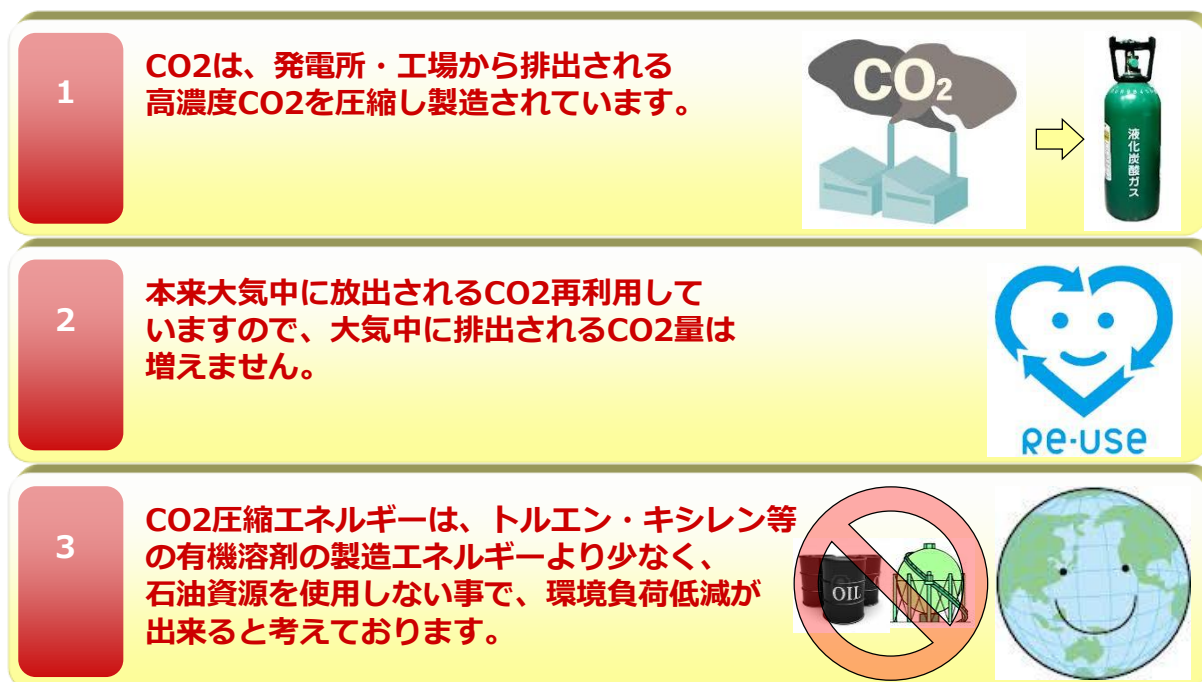


出典：JICA 調査団作成

図 7 二酸化炭素による塗料の粘度の低下

本技術は、産業技術総合研究所（産総研）、宮城県産業技術総合センターと加美電子工業の産官連携による共同開発を経て、世界で初めて実用化に至ったものである¹⁵。

¹⁵ 米国の化学メーカー最古参である Union Carbide 社が、20 年ほど前に開発に挑戦したが実用化に至らなかった。



出典：JICA 調査団作成

図 8 二酸化炭素を利用することの利点

詳細に関しては 2-2 (7) で後述するが、最大の特徴は、①VOC の削減効果である。希釈溶剤を液化炭酸ガスで代替することにより、塗装工程で発生する VOC を従来の塗装方法（有機溶剤塗装）の 50%まで削減できる。②炭酸ハイブリッド塗装で使用する液化炭酸ガスは化学工場などの排気（二酸化炭素を高濃度に含む）を再利用しているため温室効果ガスを追加的に発生させない。二酸化炭素は大気中に存在していることから、人体への負荷は小さいと考えられる。③希釈溶剤を大幅削減できる一方、従来の溶剤塗装と変わらない高品質な塗膜が得られる。④塗着効率（塗装に使用する塗料の使用量に対して製品に付着する量）が向上する結果、塗料使用量を低減できる。また、液化炭酸ガスは希釈溶剤に比べ安価（重量単価で半値以下）で、塗装工程のランニングコストを低減できる。

溶剤塗料を使用した従来の塗装

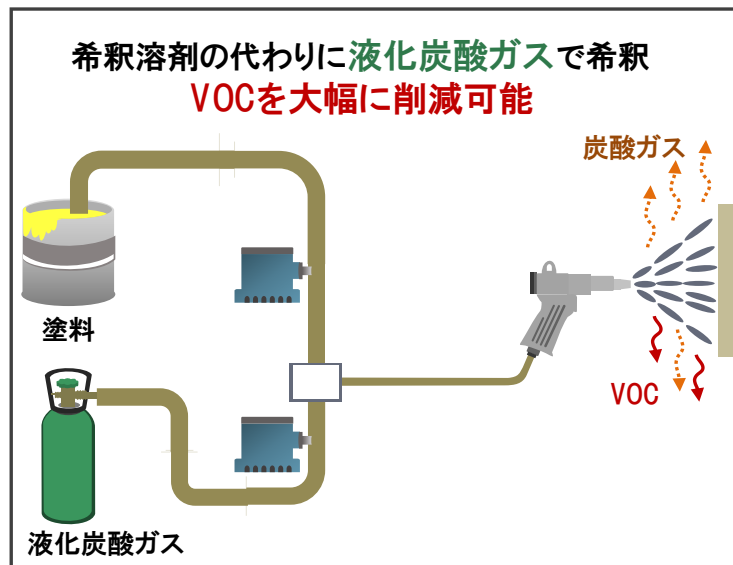
希釈溶剤で塗料の粘度を下げて**霧化**

大量の**VOC**を排出



炭酸ハイブリッド塗装

希釈溶剤の代わりに**液化炭酸ガス**で希釈
VOCを大幅に削減可能



出典：JICA 調査団作成

図 9 炭酸ハイブリッド塗装システムの概念図

■装置本体



【装置仕様】

塗料流量：70g/min～ 塗料圧力：6MPa
 炭酸流量：2g/min～ 炭酸圧力：6～
 8.8MPa
 塗料粘度：～1,000cps
 制御方法：手動/自動対応可
 サイズ：650W×450D×1,237H



■オプション



出典：JICA 調査団作成

図 10 炭酸ハイブリッド塗装システムの仕様と塗装機器（加美電子工業に現存）

（3）製品のスペック

本製品は、①二酸化炭素を加圧・供給する炭酸供給ユニット、②塗料を加圧・供給する塗料供給ユニット、③それらを混合し攪拌する混合ユニットの3つから構成されている。混合された二酸化炭素と塗料はレギュレーター・ホースを通過し、塗装ガンから噴霧される。基本的な製品開発は終了しているが、それぞれ塗装する製品分野毎に塗装方法が異なっており、それらにスペックを適合させる必要がある。

（4）価格

非公開

（5）製品・技術における特許の有無（国内、海外）：**あり** なし

（6）国内外での販売実績

国内では、自動車内装部品、建設機械業界に塗装機器の販売実績がある。また、家電業界にもスペックインの実績がある。

海外では、大手メーカーの塗装工場にデモ機を導入しフィージビリティスタディを現在実施中である。また、世界最大手某メーカーの塗装下請け工場向けに日本のラボでフィージビリティスタディを実施中である。加えて、自動車外装、船舶、航空機、家具などの業界で試作および導入が検討されている。

(7) 国内外の競合他社製品との比較優位性

液化炭酸ガスを使用した塗装システム（炭酸ハイブリッド塗装）は日本発・東北発、世界唯一の技術であり、競合品および代替品は無い。価格、スペックも比較対象は無い。VOC削減に寄与する塗装方法という点では「粉体塗装」や「水系塗装」が競合技術である。

(ア) 水系塗装

「水系塗装」は、従来の有機溶剤系塗料のシンナーを水に置き換えた塗料を使用して塗装する方法である。シンナーを使用しないという点で炭酸ハイブリッド塗装よりも VOC は削減できるが、5～30%程度の乾燥制御などのためのアルコール系溶剤や、造膜助剤としての VOC 成分（溶剤）は含まれているため、VOC の発生が完全にゼロに抑えられるわけではない。塗装方式は、高速の空気と衝突させて霧化する「エアスプレー方式」や、塗装の対象物が金属の場合は回転させたペル型のディスクの力で霧化させてシェービングエア（空気）と静電気で塗着させる「静電回転霧化方式」が採用されている。

塗装の対象物に付着している油分汚れを塗装前に除去する洗浄設備や、温度・湿度を管理できる空調設備、排水設備、焼き付け乾燥に際しては有機溶剤よりも沸点が高い水分を塗膜中から乾燥させるため、乾燥設備の増強も必要になるなど、設備の新規導入、エネルギーなどのランニングコストが炭酸ハイブリッド塗装よりも多くかかる。

エアスプレー方式は塗着効率が落ちる。塗料がエアの気流に乗って流されてしまうため、塗着状態にムラが生じて、塗着効率は約 40～60%にとどまる。一方、静電回転霧化方式の塗着効率は 65～85%である。

塗装品質は塗膜性能・外観、乾燥条件面で大きく劣る。これは塗料成分の大幅な変更が必要となる結果、品質維持が困難になるからである。水と相性の良い材料を使うため、塗膜の耐水性・耐候性の低下も避けられない。溶剤系塗装のような平滑で外観の良い塗膜はできにくい。主に建築・建材・自動車（新車）製造などに使用されているにとどまる。

以上、水系塗装は VOC の削減という点だけ見れば最も有効だが、それを導入・維持するための膨大なコスト、塗装品質での劣位など課題は多く、普及は一部の分野にとどまっているのが現状である。

(イ) 粉体塗装

「粉体塗装」は、粉状の固形塗料を静電気で塗装の対象物へ吹き付けて塗装する方法である。固形塗料を使用するため、発生する VOC をほぼゼロにすることができる。さらに製品に付着しなかった塗料を回収すれば再利用することができ、塗着効率を限りなく 100%に出来る。しかしながら、吹き付け後、塗料をいったん高温（150～200℃）で熔融させて造膜するため、金属のような耐熱性のある製品にしか使用できないという欠点がある。また、膜厚も造膜の関係上、40～150 μm と厚くしなければならず、塗料の使用量は多くなる。

専用の塗装設備（ブース、噴霧装置など）や乾燥設備増強などが必要なため、塗装設備の大幅な変更や材料の変更が許容される塗装所に限定される。また、塗料を回収するためには、以前使用した塗料がライン、塗装ブースに残らないように洗浄する必要があるため、色替えが面倒で、少量多品種の製品には不向きである。

塗装品質は、固形塗料を一度熔融させるため、ゆず肌（外観不良）になりやすく、塗装外観面は従来の有機溶剤系塗装と比べて劣る。また塗料が固体であるため調色が難しいこと、

塗料の流動性があまり無く、アルミ顔料が配向しないためメタリックの塗装には適していないことなどの問題があり、有機溶剤系塗装に代替する塗装方法としては未だ普及していない。

(ウ) 従来の有機溶剤（シンナー）塗装

従来の有機溶剤塗装は、塗料を溶剤で希釈して粘度を下げ、噴霧する塗装である。希釈溶剤で塗料を希釈して使用する際に VOC を大量発生させるという環境負荷が最大のネックである。塗料の種類によっても異なるが噴霧時には VOC 成分が 80% 程度含まれる。塗装品質は良好なことから、現時点では船舶・自動車部品・構造物・機械・家電・木工製品等、多くの分野で従来の溶剤系塗装が主流となっている。

(エ) 炭酸ハイブリッド塗装

炭酸ハイブリッド塗装は、有機溶剤塗料の希釈溶剤を液化炭酸ガスに代替して粘度を下げ、噴霧し、使用する希釈溶剤を 50~100% に大幅削減できる塗装方法である。噴霧原理は、液化炭酸ガスがスプレーガンから大気中に放出された際に気化・膨張するエネルギーにより塗料を微粒化させる。それにより霧化エア（圧縮空気）は不要になることから、塗着効率が一般的なスプレー塗装よりも 20~30% 向上し、塗料使用量も大幅に削減できる。

また、液化炭酸ガスは希釈溶剤よりも安価なため、溶剤および塗料の両面において原価低減を図ることができる。塗料メーカーの協力のもと、塗料や希釈溶剤の VOC 成分を乾燥速度の制御、液化炭酸ガスとの溶解性を持たせる調整を行うことにより、乾燥条件、塗膜状態、品質を毀損することなく、さらに VOC を削減することも可能である。

既存設備への適合性についても塗装スプレー装置の変更が軽微で、塗装条件の調整、塗料配合変更など、比較的導入が容易な技術である。そのため、品質を保持しながら環境負荷軽減と経済性を同時に追求できる塗装方法として広範囲の分野での利用が期待できる。

表 13 他社製品・技術との比較

	炭酸ハイブリッド塗装	水系塗装	粉体塗装	従来有機溶剤塗装
塗装方式	高圧スプレー	・エアスプレー ・静電回転霧化	静電スプレー	エアスプレー
汎用性 (対象物)	○ (金属/プラスチック)	○ (金属/プラスチック)	× (金属のみ)	○ (金属/プラスチック)
VOC 削減 VOC 含有量	○ 0~50%	○ 5~20%	◎ ほぼゼロ	× 80%
塗着効率	90%	エアスプレー方式では 40~60%、静電回転霧化方式では 65~85%	100% ※塗料使用量多い	60%
原価低減	◎	×	○	○

	<ul style="list-style-type: none"> ・（水系塗装と比べると）塗料は安価 ・（従来型の有機溶剤塗装と比べると）シンナーコストが低減できる ・液化炭酸ガスは安価 	<ul style="list-style-type: none"> ・塗料は高価 ・ランニングコスト増 	<ul style="list-style-type: none"> ・低い ・乾燥に要するエネルギーコストが大きい 	<ul style="list-style-type: none"> ・塗料は安価
塗膜品質 (高意匠性)	○ <ul style="list-style-type: none"> ・従来と同じ塗膜品質（外観、耐水性、耐候性、密着性）を保持 	△ <ul style="list-style-type: none"> ・塗膜性能・外観、乾燥条件面は劣る。 ・耐水性・耐候性が低下 	× <ul style="list-style-type: none"> ・塗装外観は劣る（ゆず肌） ・調色が難しい ・メタリックが難しい 	○ <ul style="list-style-type: none"> ・塗膜品質は良好
既存設備への 適合性	○ <ul style="list-style-type: none"> ・塗料導入ラインの変更のみ 	× <ul style="list-style-type: none"> ・洗浄設備や温・湿度管理、排水設備の設置、乾燥設備増強などが必要 	× <ul style="list-style-type: none"> ・専用塗装の設備が必要（塗装ブースなど） ・色替えが面倒（少量多品種不向き） ・乾燥設備増強などが必要 	○ <ul style="list-style-type: none"> ・従来どおり

出典：JICA 調査団作成

2-3 提案製品・技術の現地適合性

中国国内の塗装業界では、VOC 削減技術として水系塗装や粉体塗装化を進めているが、上述のようにさまざまな問題があり、溶剤系塗料からの切り替えはあまり進んでいないのが実情である。炭酸ハイブリッド塗装は、現在使用している塗料を変更せずに（希釈溶剤のみ変更）、VOC を大幅に削減でき、比較的軽微な変更で既存設備への導入を図ることができる技術であるため、現地の塗装ユーザーからの期待も大きい。さらに、塗着効率の向上により原価の削減もできる可能性があるため、品質を保持しながら環境負荷軽減と経済性を同時に追求できる塗装方法として広範囲の分野での利用が期待できる。

2017年12月4日、加美電子工業が開発した「炭酸ハイブリッド塗装システム」の中国における販売および使用に関して、中国現地法律事務所を確認を依頼した。2018年2月6日に

下記内容の回答を得て、制度面での現地適合性が確認できた。

2-4 開発課題解決貢献可能性

炭酸ハイブリッド塗装は、塗装工程において従来の希釈溶剤（VOC）を液化炭酸ガスに置き換えることによって、中国および上海市の開発課題である VOC 削減に貢献することができる。塗装のユーザーである中国企業および現地日本企業からは、設備投資コストを極力少額に抑えられ、かつ政府の規制基準をクリアできる塗装技術が求められている。

一部の地方政府は VOC 排出量が少ない水系塗装（水性塗料の使用）への転換を勧奨しているが、水系塗装は以下主に 2 つの理由により導入は遅々としている。①既存の塗装ラインを水系塗装用に変更するには大規模な設備投資が必要で、資金潤沢な大企業でさえも追加投資に二の足を踏んでいるのが現状である。②水系塗装が適合しない製品群が多い。例えば、日本で水系化が進んでいるのは建物、建築資材程度である。結果的に、現状では水系塗装は浸透しておらず、塗料生産全体に占める水性塗料の割合はわずか 8%に留まっている。中国では、設備投資コストをある程度抑制でき、かつ厳格な環境基準を満たすことが可能な塗装技術が求められている。

中国に進出している日本企業は 33,390 社（2015 年 10 月 1 日時点）あり、その内、上海市は 9,962 社と全国最多で、全体の約 3 割を占める。上海市公表資料によると、2015 年 7 月～2016 年 9 月にかけて、大手を含む日系企業 10 社が大気汚染防止法違反により罰金もしくは工場稼働停止の処分を受けている。本技術が中国に浸透することにより日系企業への裨益も考えられる。炭酸ハイブリッド塗装技術が中国に浸透すれば、工業塗装業における VOC 排出削減を通じて、中国から日本へ飛来する大気汚染物質の軽減にもつながる。

第3章 ODA 案件化

3-1 ODA 案件化概要（※2018 年度第 2 回 JICA 普及・実証・ビジネス化事業に申請を予定）

(1) ODA スキーム名称：

中小企業海外展開支援事業～普及・実証・ビジネス化事業～

(2) 提案事業名：

炭酸ハイブリッド塗装システムによる大気環境負荷低減促進への普及・実証・ビジネス化事業

(3) 意義・目的：

- ・ 中国の開発課題である大気汚染改善に向けて、「炭酸ハイブリッド塗装システム」が中国における工業塗装の VOC 排出低減に効果的な技術であることを実証し、中国国内での広範囲な普及に向けて事業スキームを策定し推進することが目的である。

(4) 事業の概要：

- ・ 中国の塗装所に加美電子工業の炭酸ハイブリッド塗装技術を導入して VOC 削減効果を実証する。上海周辺地域で VOC 削減効果や経済性、品質を評価する。
- ・ カウンターパート SAES および協力企業への塗装装置の設置を前提として塗装ラボを立ち上げる。呉江加雅電子（加美電子工業の中国現地法人）への新設に着手する。

(5) 対象地域：

上海市

(6) 上海市を選定した理由：

- ・ 炭酸ハイブリッド塗装技術の工業塗装全体への適用可能性を本格検討するにあたり、工業塗装の主要産業が多数集積する上海市を選定した。
- ・ また、上海市は中国を代表する国際都市でもあり、中国全土への情報発信力、影響力に長けている。今後上海の環境基準が中国全体基準となる可能性が高い。

(7) カウンターパート機関：

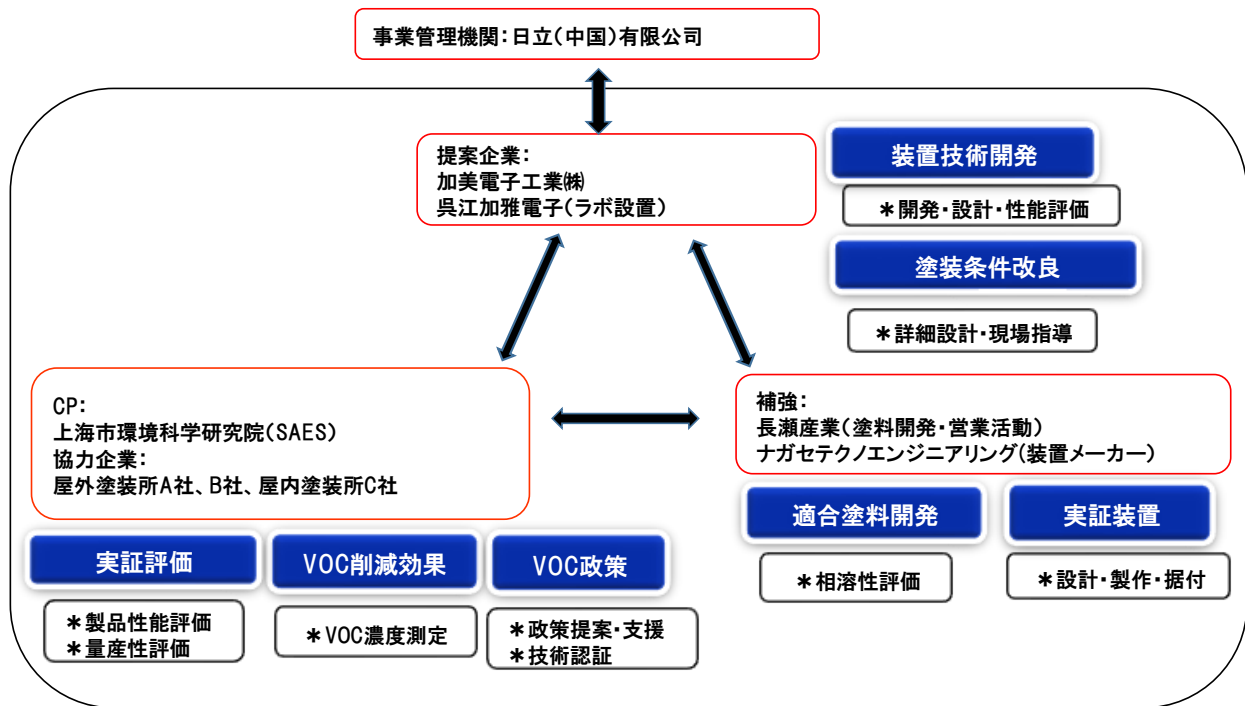
上海市環境科学研究院（SAES、Shanghai Academy of Environmental Sciences）

(8) 製品・技術の設置候補サイト：

- ・ 屋外塗装所 A 社、B 社、屋内塗装所 C 社

3-2 事業の実施体制

- ・ 加美電子工業を支援する体制：長瀬産業、長瀬テクノエンジニアリング（以下、NTE）、日立（中国）有限公司（コンサルティング部門）、北九州市
- ・ 現地での支援体制：呉江加雅電子有限公司、上海長瀬貿易有限公司、日立（中国）有限公司（コンサルティング部門）、駐上海北九州市事務所



出典：JICA 調査団作成

図 11 事業の実施体制

3-3 ODA 案件内容

非公開

3-4 カウンターパート候補機関組織・協議状況

- ・ カウンターパート機関名：上海市環境科学研究院（SAES）。SAES は環境技術に関する研究、および普及・促進を実施している、上海市環境保護局傘下の研究機関である。上海市環境保護局は、環境関連の制度・政策を策定、公布、実施を主たるミッションとするが、特に制度・政策に関しては SAES の知恵に依存している。SAES は環境保護局のシンクタンクとしての役割を果たしている。

3-5 他 ODA 事業との連携可能性

- ・ 2015 年度中小企業海外展開支援事業～案件化調査～代表企業名：株式会社タシン（法人番号 4130001033825、京都府）、調査名「北京市における自動車由来の大気汚染改善と燃費改善案件化調査」

北京市を含む華北地域（北京、天津、河北省）においても VOC 削減は喫緊の課題であり、VOC 排出規制は厳格化している。当該事業を進めるに当たって、北京市政府関連組織、および（もしくは）北京市に拠点を置く有力な国有企業と接触する機会を有するのであれば、炭酸ハイブリッド塗装技術に関する情報を共有することによって、当該事業と炭酸ハイブリッド塗装技術との連携の可能性がある。

- ・ 環境にやさしい社会構築プロジェクト 協力期間：2016年4月～2021年3月、事業：技術協力、課題：環境管理

3-6 ODA 案件形成における課題・リスクと対応策

- ・ 中国では環境対策製品・設備の需要が年々拡大しており、具体的な案件の引合いも数多く寄せられている。その一方で、知的財産権を軽視する傾向があり、安易な類似品・模倣品が横行するなど、その対策には各国のメーカーが苦慮している。対策を確立せずに進出して新規開発・投資を行ったとしても、類似品・模倣品により販売が伸びないことを懸念し、普及・実証・ビジネス化事業に際しては特許権利化、主要技術のブラックボックス化、高品質・低コスト化、サプライチェーン管理などの対応を検討している。
- ・ また、VOC規制の動向によっては、例えば水性塗装を義務付ける規制が先行導入されるリスクが想定される。VOC規制とその対策技術で先行する欧米地域でも溶剤系塗装は多く残っていることから、水性塗装の義務化は非現実的なものと思われるが、中国の一部の地域・業界では水性塗装の義務化が進むのではないかとの憶測情報もあり、工場移転などの混乱が生じている。普及・実証・ビジネス化事業を通じて中国の先進地域である上海市と連携することにより、現実的なソリューションを提案し、広く発信することで対応したい。

3-7 環境社会配慮等

- ・ 特になし。

3-8 期待される開発効果

- ・ 塗装のVOC低減効果が実証される：
炭酸ハイブリッド塗装技術の場合は、塗料に含まれる有機溶剤（VOCの発生源）をどれだけ低減できるか次第でVOCの削減率も決まる。従って、普及・実証・ビジネス化事業においては、「塗料中の有機溶剤含有量を目標値まで削減する」ことによる実証・評価の方法を採用する。
VOC削減などの目標値は、導入検討中の現地塗装所において、VOC発生量を従来型の有機溶剤塗装法比 minimum 30%削減し、また、ランニングコストを同 minimum 20%削減することと定める（この目標値はSAESと検討した上で設定したものである）。

第4章 ビジネス展開計画

4-1 ビジネス展開計画概要

非公開

4-2 市場分析、これまでの取組

2017年11月「JICA 中小企業海外展開支援事業～案件化調査～（以下「案件化」）」開始以降、カウンターパート機関 SAES と2カ月ごと（2017年11月、2018年1月）に直接協議を実施した（「案件化」以前も事前協議を複数回実施している）。

4-3 バリューチェーン

非公開

4-4 進出形態とパートナー候補

非公開

4-5 収支計画

非公開

4-6 想定される課題・リスクと対応策

- ・ 中国では知的財産権を軽視する傾向があり、安易な類似品・模倣品が横行するリスクがある。特許権利化、主要技術のブラックボックス化、高品質・低コスト化、サプライチェーン管理等の対応を積極的に進めていく。

4-7 期待される開発効果

- ・ 塗装の VOC 低減効果を実証
- ・ 現地仕様の塗装機器の製品化と現地生産化
- ・ 現地塗装所の VOC 削減（従来比 50%削減）、コストダウン（ランニングコストを従来比 20%削減）
- ・ 現地調達促進（現地調達率 30%）

4-8 日本国内地元経済・地域活性化への貢献

加美電子工業は 1970 年に新しい東北の農村型企业を目指して設立された。東北地方のユニークな企業として顧客の要望に応え、また地域発展に貢献するべく努力を重ねている。宮城県に3つの工場拠点を設置し、地元経済の発展および現地雇用の創出にも貢献することで、地域活性化の一役を担っている。日本企業、中小企業、特に東北被災地の企業が開発した世界初となる技術を持って海外進出し、現地で活躍することは、震災復興の観点からも極めて意義が大きいと責任を感じている。

加美電子工業は炭酸ハイブリッド塗装システムを新たな事業の柱として成長し、将来的には現在の主業である塗装加工業を炭酸ハイブリッド塗装で拡大していく構想を描いている。これは、日本の塗装業界と中小企業の技術高度化に貢献するものとする。また、東北地方に新たな雇用と活気を生み出す効果も期待している。

(1) 現時点での貢献

- ・ 地方自治体、大学および研究機関との連携を従前から推進しており、炭酸ハイブリッド塗装技術は、産業技術総合研究所（産総研）、宮城県産業技術総合センターと加美電子工業の産官連携による共同開発を経て完成した「世界初」のスプレー塗装技術である。
- ・ ものづくり技術、地域経済の発展への功績が認められ、過去に多くの受賞歴を有している。2017年には、世耕弘成経済産業大臣より地域経済の成長・発展を牽引する「地域未来牽引企業」に選定された。

表 14 受賞履歴

年	賞	表彰者	受賞理由
2009	富県宮城グランプリ 企業部門	宮城県知事	「富県宮城」の実現に向けて県内産業の発展と地域経済の活性化に貢献
2009	七十七ビジネス大賞	財団法人七十七ビジネス振興財団	長年にわたり宮城県内の産業・経済の発展に寄与
2009	第三回ものづくり日本大賞 特別賞	経済産業省	ものづくり名人として特別な評価を獲得
2012	経済産業省 商務情報政策局長賞 印刷産業環境優良工場	経済産業省	環境に優しい工場運営の実現
2015	プラスチック成形加工学会 技術進歩賞	一般社団法人プラスチック成形加工学会	「プラスチック成型品質を高める革新的なスプレー塗装」に関してプラスチック成型加工の発展に貢献
2017	地域未来牽引企業	経済産業大臣	地域経済の成長・発展を牽引する「地域未来牽引企業」に選定

出典：JICA 調査団作成

(2) ODA 案件化により今後見込まれる貢献

- ・ 本事業、普及・実証・ビジネス化事業は安倍政権が推進する「地方創生」「震災復興」戦略に合致している。
- ・ ODA 案件化が本格稼働した際には、中国現地事業を日本側からバックアップするための体制構築が必要となる。そのため、加美電子工業社内で事業推進本部（仮名：炭酸ハイブリッド塗装事業推進本部）の新設を検討している。経営幹部人材、事業推進リ

ーダー、技術開発者などを8～10名程度新規雇用する必要がある。

- ・ 国内の雇用拡大に貢献し、地域経済の活性化につながることを期待される。
- ・ 中国における販売実績の積み上げによって、東南アジア・南アジアなど、他の開発途上国での需要が拡大する可能性が高い（現在、ベトナムからの引合いもある）。タイ、マレーシア、ベトナム、インドなどでの販売が可能になると売上はさらに大きく伸び、国内の雇用に貢献し、地域経済の活性化につながることを期待される。
- ・ 日本企業、中小企業、特に東北被災地の企業が開発した世界初となる技術を持って海外進出し、現地で活躍することは、震災復興の観点からも極めて意義が大きい。

以上

Summary

Chapter 1 Development Issues for Target Countries and Regions

1-1 Development issues of China and Shanghai

In recent years, air pollution caused by the expansion of China's economic activities (fixed pollution sources such as factories) and the rapid popularization of cars (mobile pollution sources) has become more serious. Especially in big cities like Beijing, Shanghai and Guangzhou. The emission control of volatile organic compounds (voc), one of the atmospheric pollutants which are called Particulate Matter_{2.5} (PM 2.5) or Particulate Matter₁₀ (PM 10) can even have a huge negative impact on human's body. Reducing the emission of particulate matters is one of the most important issues in economic development.

"PM_{2.5}" refers to very small particles that are floating in the atmosphere which have a diameter of less than 2.5 micrometers ($1\mu\text{m}=1/1000$ of 1mm). Its composition includes carbon composition, nitrate, sulfate, aminoacyl salt, silicon, sodium, aluminum and other inorganic elements. In addition, its also includes a variety of particle sizes that vary by region, season, weather, etc.

Mechanisms in which PM 2.5 is generated are those directly discharged by combustion of materials (Primary aerosol) and those generated by chemical reaction in the ambient atmosphere (Secondary aerosol). As a source of primary aerosol particles, in addition to facilities such as boilers and incinerators that generate "smoke", facilities that generate "dust (fine dust)" such as coke ovens and mineral deposits, automobiles, ships, aircraft, Soils, oceans, volcanoes and other naturally occurring things and cross-border pollution also have an effect. Indoor, secondhand smoke, cooking, and stove are the main sources of particulate matter. Secondary aerosol refers to sulfur oxides (sox) and nitrogen oxides (nox) emitted by fuel combustion in coal-fired power plants, factories, public institutions, automobiles, ships, aircraft, homes, etc. There is also particulate matter formed by chemical reactions between ozone and fuel combustion such as solvents, coatings used and oil evaporation, and "voc" and other gaseous substances emitted by forests. In other words, primary aerosols of pm_{2.5} and pm₁₀ are derived from "smoke spraying", "dust", secondary aerosols are derived from "sulfur oxides (sox)", "nitrogen oxides (nox)" and "voc". Voc reacts in the atmosphere to form a second organic safety system (secondary organic aerosol, soa: a mixture of hundreds of organic compounds).

According to the Chinese government's ministry of ecological environment, the main source of PM_{2.5} in the mainland is voc. For example, in Beijing, voc accounts for 73% of secondary aerosol in PM_{2.5} (2017). The size of PM 2.5 particle is very small (1/30 of the thickness of hair), so it easily enters the depths of lung, triggering respiratory diseases such as asthma and bronchitis, increasing the risk of genetic mutations and lung cancer, and the impact on the circulatory system is worrying.

As a conclusion, pm2.5 is formed by mixing voc and nitrogen oxides (nox) emitted by the atmosphere with strong ultraviolet light in sunlight to form secondary aerosols. Therefore, in order to reduce pm2.5, inhibiting voc emission is the key point.

Air pollution in China tends to improve in terms of time. In 2016, among the 338 cities in the country, the air quality with a concentration of PM2.5 below 75µg/m³ was 78.8% of the year, it is increased 2.1% compared with the previous year. The ratio of Beijing, Tianjin and Hebei in the whole year was 56.8%, 76.1% in Shanghai and 89.5% in Guangzhou. However, the overall level has not yet divorced from serious pollution. In addition, China's air pollution has also caused cross-border pollution of Korean Peninsula and Japan.

The environmental standards related to atmospheric pollution include "atmospheric environmental quality standard" and "atmospheric pollutant discharge standard". On June 5, 2017, the ministry of environmental protection released the 2016 China environmental status bulletin. It shows the air pollution situation in 2016. Among the 338 target prefecture-level cities and cities above prefecture-level cities in China, 84 cities (24.9%) have met the air environment quality standard (gb3095-2012), only one quarter of the total. The remaining three quarters of the 254 cities (75.1 percent) had substandard projects that did not meet the standards. The average rate of days with good air quality (below 50 points) was 78.8%, up 2.1% from 2015.

Comparison was made on the completion of various atmospheric quality standards in 2014 and 2016. The concentration of so₂ was 97%(9% improvement compared with the same period in 2014), the rate of no₂ reaching the standard was 83%(20% improvement compared with the same period in 2014), carbon monoxide (co) was 97%, PM₁₀ was 42%(20% improvement compared with the same period), PM_{2.5} was 28.1%(17% improvement compared with the same period), ozone (O₃) was 82%. So₂, no₂, pm₁₀ and pm_{2.5} all reached the upward trend.

However, PM₁₀ and PM_{2.5} still have a compliance rate of 60% to 70%, while PM_{2.5}, which has the most impact on human health, has the worst compliance rate. PM_{2.5} is caused by the interrelationship between various factors, so it is difficult to take measures and solve it in a short time, so the compliance rate is very poor. Based on these circumstances, the Chinese government is rapidly taking measures to control VOC emissions.

Many volatile organic compounds are believed to come from industrial coatings. The joint research results of the Development Research Center of the State Council, the Resource and Environment Office and South China University of Technology show that the industrial VOC emissions from China mainland in 2015 were about 14.36 million tons in 2014. (Japan's total emissions were about 690,000 tons, only one-twentieth of China.) Among them, industrial coatings have a relationship of 4

million tons, accounting for 28% of the total, including VOC produced by the paint itself, which is the largest source, accounting for 30% of the total. 21%) is larger than the chemical industry (23% identical), which is considered to be the main source of VOC.

Except for China, the impact of PM 2.5 transboundary air pollution from China mainland to Japan is enormous. In Japan, the concentration of PM 2.5 temporarily increases from winter to spring. Judging from the following conditions, it is believed that cross-border air pollution from China mainland has an impact on Japan's air quality. First of all, the first point is observed in the Western Japan Environmental Standard (Everyday) PM2.5 observations. The west wind blowing from China to Japan brought pm2.5. Second, due to the small number of cars and factories/commercial establishments, an increase in concentration was observed at the Observatory of the National Environmental Research Institute located on a remote island in the western end of Kyushu, which is considered to have little impact on urban pollution and sulfuric acid. The fact that there is a large number of ions (the increase in the concentration of sulfate ions leads to an increase in the mass concentration of PM2.5). Third, according to estimates by the National Institute of Environmental Studies, the results of the analysis indicate that large range of PM 2.5 air pollution in Northeast Asia (mainly China) has also extended to Japan.

Therefore, if the Chinese atmosphere is improved, the amount of air pollutants produced in China mainland will be reduced, thereby improving Japan's air quality and reducing the amount of air pollutants in Japan.

1-2 Development plans, policies, laws and regulations related to the development theme

Chinese premier li Keqiang said in the government work report in the National People's Congress on March 5, 2017: "improving air quality is an urgent desire of the people and the government have to give a qualified answer."

The Chinese government has decided to switch the energy supply for winter central heating from coal to natural gas, stop the operation of factories that discharge environmental pollutants and forcibly relocate them to the outskirts of the city. In addition, for the problem of automobile use, we are seeking countermeasures such as the limit of number access and the limit of number acquisition (paid number access). However, the rapid spread of "coal to natural gas" led to a shortage of natural gas. The forced shutdown and relocation of the factory limited economic growth. Others criticized that moving the factory to the suburbs would only be a "removal of pollution". In addition, traffic restrictions on vehicles reduce the car's mass production value. In order to avoid the number limit, there is also the phenomenon of buying one more car, as well as the adverse effect of increasing the

number of cars in the suburbs of large cities. At present, the measures taken by the Chinese government are all sustainable and these cannot be fundamental solution to the problem. The Chinese government has issued policies and laws one after another in an effort to curb VOC emissions, and regulations are tightened. As a major trend of the national policy, for example, the "action plan on preventing air pollution" (" air pollution 10 ") formulated in 2013, the "air pollution prevention law" revised in 2015, the "13th five-year plan (2016-20) formulated in 2016, and the" environmental protection tax law " enforced from January 2018.

1-3 Country-specific development cooperation policy relating to the development subject

Japan needs to face and solve the environmental problems brought by the rapid economic growth. Japan promotes the cooperative development policy with China, and the operation of Japanese enterprises in China will be improved. In addition, the improvement of cross-border pollution and so on is closely related to the life of Japanese people.

Chapter 2 Overview of the Kami Electronic Industry, Product Technology

2-1 Overview of the Kami Electronic Industry

The Kami Electronic Industry was established on June 1, 1970. It is mainly engaged in the surface treatment of painting, printing, etc. The capital is 48 million yen, the number of employees is 102 (as of March 2017).

Our business covers organic solvent coatings (metal/plastics), water-based coatings, UV coatings, various screen printing, UV printing, pad printing, laser processing, hot stamping, alumina process, photocopying, precision conductive printing, phosphorescence printing, carbon dioxide coating.

Mainly responsible for electronic parts, mechanical parts, optical parts and other surface processing of the main body. Production of the design (color, gloss, design) and film quality requirements of the high level of automotive components and mobile equipment. Metal processing, gold plating, plastic molding processing and other cooperative enterprise division of labor system. In March 2011, [Wu Jiang Jia Ya Electronic Co., Ltd.] was established in Wujiang District, Baoding City, Jiangsu Province, the People's Republic of China, mainly engaged in screen printing, pad printing, hot cover, press processing and assembly.

2-2 Summary of proposed products and technologies

(1) Name of product and technology: "Carbonate coating"

(2) Features

In the paint industry, VOC is generated because it is mixed by applying diluteion solvent (such as thinner) to the paint so as to facilitate spraying. The

"carbonic acid hybrid coating system" developed by the Kami Electronic Industry has been used in a conventional organic solvent spray paint (especially industrial paint) to dilute the diluent solvent (which becomes VOC when volatilized) used to reduce the viscosity of the paint, spray is easy to use properties of coating instead of smooth coating, this is the world's earliest spray coating technology.

In addition, liquefied carbon dioxide gas is recycled by waste gas of power plants and chemical plants, so it has a protective effect on environmental pollution. Unlike water-based coatings, most of the liquefied carbon dioxide vaporizes after spraying, thus shortening the drying time compared to water-based coatings. Overall, energy consumption will also decline.

Through the cooperation with the Miyagi Industrial Technology Research Institute, the Miyagi Prefecture Industrial Technology Center, and the cooperation with the Kami Electronic Industry, the technology has been applied for the first time in the world.

The biggest feature:

- ① Reduce the voc emission. By replacing liquefied hydrocarbon gases with dilute solvents, voc produced during the coating process can be reduced to 50% of the existing coating methods (organic solvent coating).
- ② Niter carbonic acid is a mixture of liquefied gas (containing high levels of carbon dioxide) used in the coating so that it does not contribute to the greenhouse effect. (Carbon dioxide is present in the atmosphere) the damage to the human body is also minimal.
- ③ Greatly reducing the dilution solvent, while obtaining the same high-quality coating film as the conventional solvent coating.
- ④ Apply in the case of efficiency (the amount of paint on the coating) increase, can reduce the amount of paint. In addition, the liquefied carbonic acid gas and dilute solvent price (weight unit price, half price) can reduce the cost of running the painting project.

(3) Product specifications

This product consists of three parts: (1) a carbonation supply unit that pressurizes and supplies carbon dioxide, (2) a paint supply unit that pressurizes and supplies paint, and (3) mixer that mixes and stirs them. The mixed carbon dioxide and paint pass through the regulator / hose and are sprayed from the coating gun. Although the basic product development has been completed, the coating method is different for each product field to be painted, and it is necessary to adapt the specifications to them.

(4) Sales results in Japan and overseas

Domestically, automobile interior parts and construction machinery industry have sales results of painting equipment. Also, there is a proven track record in the

home Electronic industry.

In overseas, a feasibility study is currently being implemented by introducing a demonstration machine at an electric machine maker. In addition, feasibility studies are underway at Japanese laboratories for paint subcontractors in the world's largest manufacturer.

(5) Comparative advantages of products with domestic and foreign competitors

The coating system using liquefied carbonic acid gas is the only technology in Japan, northeast China and the world, with no competitive products or substitutes (price, specification and no comparison object). "Powder coating" and "water system coating" contribute to reducing voc emission.

(A) Drainage of coating

"Water system coating" is used to replace the existing organic solvent system paint thinner. VOC can be reduced in comparison with carbonic acid coatings because it does not use diluents, but the alcohol solvent used for drying control is about 5% to 20%, and contains VOC components (solvents) that act as film AIDS. Spray method is an "air spray method" that atomizes by colliding with high-speed air, or with rotating bell-shaped disk forces and shaving air in cases where the paint object is metal. The "electrostatic rotating atomizing system" is adopted.

Cleaning equipment for removing oil contamination adhered to the object of painting before painting, air conditioning equipment capable of controlling temperature and humidity, drainage equipment, moisture having boiling point higher than that of organic solvent in baking drying It will take more drying facility to dry it, such as the introduction of new equipment, energy cost and running costs more than carbonic acid hybrid paint.

In the air spray method, the coating efficiency drops. Since the paint is flowed by the air current of the air, unevenness occurs in the coating state, and the coating efficiency is only about 40 to 60%. On the other hand, the coating efficiency of the electrostatic rotary atomization method is 65 to 85%.

Coating quality is greatly inferior in terms of coating performance / appearance and drying conditions. This is because it is necessary to greatly change paint ingredients, which makes it difficult to maintain quality. Due to the use of materials compatible with water, the water resistance and weather resistance of the coating film cannot be avoided. It is difficult to form a smooth, good-looking coating film like a solvent-based coating. Mainly used for building, building materials, automobiles (new car) manufacturing etc.

Water system coating is most effective from the point of view of reduction of VOC, but there are many problems such as enormous cost for introduction and maintenance, inferiority with painting quality, etc. Current situation is that

diffusion has been limited to some fields.

(B) Powder coating

"Powder coating" is a method in which a solid coating of dust is applied to an electrostatic object for coating. Since the solid coating is used, the discharged VOC is almost zero. In addition, if the paint that is not attached to the product is recovered, it can be reused, so that the coating efficiency is 100%. However, there is a disadvantage in that it can only be used for metal heat resistant products because once sprayed, the paint melts at a high temperature (150 to 200 ° C) to form a film. In addition, in consideration of film formation, the film thickness must also be as high as 40 to 150 μm, and the amount of paint used is also increased.

Due to the need for special coating equipment (stands, spray equipment, etc.) and drying equipment reinforcement, it is limited to painting sites where large changes in coating equipment and material changes occur. Further, in order to recover the paint, it is necessary to carry out washing so that the previously used paint does not remain in the production line and the painting booth, and therefore, since the color conversion is troublesome, it is not suitable for a small and varied variety of products.

The coating quality is not as good as the traditional organic solvent-based coating because the solid coating material melts only once and the coating looks poor. In addition, since the coating is solid, the coloring is difficult and the fluidity of the coating is not large. Due to the problem of non-alignment of aluminum pigments, it is not suitable for metal coating, so the method of coating instead of organic solvent coating has not been popularized.

(C) Conventional organic solvent (thinner) paint

The existing organic solvent coating is the biggest bottleneck, and a large amount of voc is generated when the coating is diluted with a dilute solvent, causing environmental pollution. Although the type of coating is different, the voc content is about 80% when sprayed. Due to the good quality of painting, at present, in the fields of ships, auto parts, construction, machinery, home appliances, woodworking products, etc., traditional solvents are still the mainstream.

(D) Carbonic acid hybrid coating

Carbonic acid hybrid painting is a method of replacing the diluting solvent with liquefied carbon dioxide and painting it without changing the paint currently used. The dilution solvent (VOC) used can be greatly reduced from 0 to 50%.

The coating method is a high-pressure spray that uses energy to atomize the coating, which evaporates and expands as the liquefied carbon dioxide is released from the spray gun into the atmosphere. This eliminates the need for atomizing air (compressed air), so it increases coating efficiency (from 40% to 60% compared to

typical spray coatings, up to 60% to 90%) and reduces the amount of coating used.

Since liquefied carbon dioxide is less expensive than a dilute solvent, the cost of both parties can be reduced. By adjusting the drying speed and solubility in liquefied carbon dioxide with the paint manufacturer, it is possible to control the VOC composition of the paint and the dilution solvent without damaging the drying conditions, coating conditions and quality, as well as reducing voc emissions.

As for adaptability to existing facilities, change of coating spraying apparatus is slight, adjustment of painting conditions, change of paint formulation, etc. are relatively easy to introduce. Therefore, it can be expected to be used in a wide range of fields as a painting method that can simultaneously pursue environmental burden reduction and economy while maintaining quality.

2-3 Proposed product and technology adaptability

In the domestic coatings industry, we are promoting waterborne coatings and powder coatings to reduce voc emissions. However, as described above, since there are various problems, the conversion from the solvent-based paint has largely not progressed. Carbonated hybrid coatings are a technology that can significantly reduce voc emissions without changing the coatings currently in use (changing only the diluent solvent) and can be introduced into existing facilities with relatively small changes, by local paint users. Expectations are also high. Further, since the cost can be reduced by improving the coating efficiency, it can be expected to be used in a wide range of fields as a coating method capable of pursuing environmental burden and economy while maintaining quality.

2-4 Possibility of problem solving

The carbonic acid can replace the original diluted solvent (voc) in the coating process to liquefy carbon dioxide gas, which can contribute to the research and development problems of China and Shanghai as well as the voc emission reduction. Chinese enterprises and local Japanese enterprises, as users of painting, are required to reduce the cost of equipment investment to the minimum, and also need painting technology that can meet government standards.

Some local governments have suggested that water-based coatings with less voc emissions (using water-based paints) be converted to "water-based paints" (using water-based paints), but water-based coatings are slow to develop, for two main reasons. One. 1 If you want to change the existing coating line to water-based coating, you need to invest in large-scale equipment, and large companies with capital flows are also facing the difficulty of additional investment. 2 There are many product groups that are not suitable for water coating. In Japan, building materials and other industries have a lot to do with the water system painting. Therefore, under the current situation, the water system coating was not imported, water-based

coating accounted for only 8% of total paint production. In China, there is a need to reduce the cost of equipment investment to some extent, and to develop coating technologies that can meet strict environmental standards.

There were 33,390 Japanese companies entering China (October 1, 2015), of which 9,962 were in Shanghai, accounting for the most in the country, accounting for 30% of the total number of enterprises. According to information released by Shanghai, from July 2015 to September 2016, the top 10 Japanese-funded enterprises, including large enterprises, were fined or closed for disposal for violation of the Air Pollution Prevention Law. By communicating to China's technology, investment in Japanese companies will also benefit. If the carbonation mixed coating technology is developed in China, the vocal emissions from industrial coatings will decrease, and the atmospheric pollutants from China to Japan will also decrease.

Chapter 3 ODA Development Assistance Program

3-1 ODA program summary

(1) ODA program name: SME overseas expansion assistance project - ~ popularization, demonstration, commercialization business ~

(2) Program business name: Reduce the atmospheric environmental load through the carbonation mixed coating system, and promote the popularization, demonstration and commercialization of the carbonation mixed coating system.

(3) significance · purpose : · prove that carbon dioxide mixed coating system is an effective technology to reduce VOC emission of China's industrial coatings in order to improve air pollution. This is a development issue in China, aiming to popularize the enterprise in China and promote the development of the enterprise comprehensively.

(4) Program business outline:

- Test the effectiveness of VOC emissions by introducing a carbon dioxide hybrid coating technology for the Kami Electronic Industry at a Chinese coating station. Evaluate the effectiveness, economy and quality of VOC reductions in Shanghai.
- Install painting equipment at the counter section SAES and partner companies.
- Establish alliances with manufacturers in China.

(5) Target area: Shanghai

(6) Reasons for choosing Shanghai:

- In order to comprehensively test the applicability of the carbonic acid composite coating technology in the overall industrial coatings, Shanghai, which is the main industry of industrial coatings, was selected.
- Shanghai is also an international city representing China, and its information and influence on China as a whole is very strong. Shanghai's environmental standards are likely to become the standard for the whole of China in the future.

(7) Counterpart organization: Shanghai Municipal Environmental Science Institute

(SAES, Shanghai Academy of Environmental Sciences)

(8) Candidate sites for product / technology installation:

- Shanghai manufacturing company A
- Shanghai manufacturing company B
- Shanghai manufacturing company C

3-2 counterpart candidate organization and consultation

· The name of the counterpart organization: Shanghai Institute of Environmental Sciences (SAES). SAES is a research institute of the Shanghai Environmental Protection Bureau and is responsible for the research, dissemination and promotion of environmental technologies. The main task of the Shanghai Environmental Protection Bureau is to develop, promulgate and implement environmentally relevant systems and policies, especially for systems and policies, relying on the wisdom of SAES. SAES plays the role of a think tank of the Environmental Protection Agency.

3-3 Collaboration potential with other ODA projects

· Small and medium enterprise overseas deployment support project in 2015 ~ Project formulation survey ~ Representative company name: corporation (corporate number 4130001033825, Kyoto), research name "Survey on automobile-derived air pollution improvement and fuel efficiency improvement project in Beijing city"

VOC reduction is an urgent issue also in the North China region including Beijing City (Beijing, Tianjin, Hebei Province), and the VOC emission regulation is strict. In promoting this project, if you have the opportunity to contact a Beijing municipal government organization and / or a state-owned enterprise based in Beijing City, by sharing information on carbonic acid hybrid painting technology, there is a possibility of cooperation with carbonic acid hybrid coating technology.

· Environmentally Friendly Society Project Cooperation Period: April 2016 - March 2021, Project: Technical Cooperation, Issues: Environmental Management.

3-4 ODA program formation, problems, risks and countermeasures

· In China, the demand for environmental measures products and equipment has increased year by year, and many inquiries about specific projects are being received. At the same time, there are problems with intellectual property rights violations and cheap counterfeit products. Manufacturers from various countries are working hard to address these issues. Even if new developments and investments are promoted without countermeasures, there are concerns about the emergence and spread of similar products/counterfeit products. The focus of popularization, evidence, and commercialization is on patent rights, the black and white of major technologies, and high quality. Responsive solutions such as low cost and supply chain management.

· In addition, given trends in VOC regulation, for example, the risk of introducing

regulations on water-based coatings in advance. Since many solvent-based coatings remain in Europe and the Americas prior to VOC regulations and their countermeasures, waterborne coatings seem to be less mandatory, but we surmise that in some regions and industries in China, the use of waterborne coatings will become obligatory, and chaotic situations such as factory relocation have occurred. Through diffusion, demonstration and business development projects in cooperation with Shanghai in China's advanced regions, we are willing to propose practical solutions and to spread them widely.

3-5 Expected development effect

· VOC reduction effectiveness is demonstrated:

In the case of carbonic acid hybrid painting technology, the reduction rate of VOC is determined depending on how much organic solvent (source of VOC) contained in the paint can be reduced. Therefore, in the diffusion, demonstration, and business development projects, we adopt a method of demonstration and evaluation by "reducing the content of organic solvent in paint to the target value".

For coating stations considering water-based coatings, VOC production and driving cost are reduced compared with traditional organic solvent coating. The target value is set after discussion with SAES.

Chapter 4 Business Development Plan

4-1 Business Development Plan Summary

Our goal is to develop and promote carbonated hybrid coating technology for the Chinese market that strictly adheres to VOC regulations.

4-2 Market analysis, efforts so far

November 2017 Direct consultation with the counterpart organization SAES every two months (November 2017, January 2018) since the start of "JICA SME overseas deployment support project - project formulation survey (hereinafter referred to as "project formulation")" (Prior consultation has been carried out a plurality of times before "making a project").

4-3 Questions, risks and corresponding solution

In China, there is a tendency to despise intellectual property rights, and there are risks of similar goods and imitations that are easily imitated. Actively promote the processing of patent rights, black box of major technologies, high quality, low cost, and supply chain management.

4-4 Contribution to the economic and regional activation of Japan's domestic regions

The Kami Electronic Industry was established in 1970 with the goal of a rural

enterprise in the new northeast. As a unique company in the Tohoku region, we are striving to contribute to the development of the region in order to meet the requirements of our customers. In Miyagi Prefecture, three factory locations have been set up to contribute to the development of the local economy and the creation of local jobs, and also to the vitality of the active regions. Japanese companies, small and medium-sized enterprises, especially the world's first technology developed by companies in the northeastern disaster area, have entered the overseas market and are active in the local area. From the point of view of post-disaster reconstruction, they also have great significance and sense of responsibility.

The Kami Electronic Industry has developed a carbonated mixed coating system as the backbone of the new business, and we are drawing the concept of expanding the paint industry in the major industries in the near future with carbonated coatings. We believe this will contribute to the technological advancement of the Japanese coating industry and small and medium-sized enterprises. I also look forward to creating new jobs and vitality in Northeast.

(1) Current contribution

· Cooperation with local governments, universities and research institutions has been promoted from the past, and carbonic acid hybrid painting technology has been developed jointly with the Industrial Technology Research Institute (AIST), Miyagi Prefecture Industrial Technology Center and the electronics industry. It is the "world first" spray painting technology completed through development.

· Manufacturing technology, credibility for the development of the regional economy has been recognized and has many awards in the past. In 2017, it was selected as the "regional future traction company" to lead the growth and development of the regional economy from the Minister of Economy, Trade and Industry Hiroshi Sei.

(2) Possible future contribution through ODA program

· This program, dissemination, demonstration, business development program is consistent with the "regional creation" and "earthquake reconstruction" strategy promoted by the Abe administration.

· When the ODA program is fully operational, it is necessary to establish a structure to support China's local business from Japan. Therefore, we are studying the establishment of a business promotion department (Kana: Carbonated Hybrid Coating Business Promotion Headquarters) within the Kami Electronic Industry company. It is necessary to employ about 8 to 10 new employees, including executives, business promotion leaders, technology developers, etc.). Hiring about 8 to 10 new employees is essential, including executives, business promotion leaders, and technology developers.

· It is expected to contribute to the expansion of domestic employment and lead to the revitalization of regional economies.

· Due to the accumulation of sales results in China, there is a high possibility that

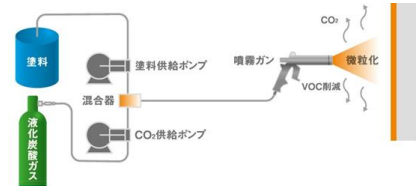
demand in other developing countries such as Southeast Asia and South Asia will expand (there are also inquiries from Vietnam). If sales in Thailand, Malaysia, Vietnam, India and elsewhere become possible, sales will increase substantially further, boosting domestic employment and hopefully spurring a regional economic recovery.

ポンチ絵（英文）

People's Republic of China Feasibility Survey for VOC Reduction of Aerial Environment by Carbon Dioxide Coating System

SMEs and Counterpart Organization

- Name of SME : Kami Electronic Industry CO.,LTD
- Location of SME : Kami-Cho, Kami-gun, Miyagi Prefecture
- Survey Site・Counterpart Organization : Shanghai/Shanghai Academy Environmental Sciences



Concerned Development Issues

- Improvement of air pollution
- Reduction of VOC generated in coating process in Shanghai

Products and Technologies of SMEs

- "Carbon Dioxide Coating System" can replace the diluting solvent with Liquefied carbon dioxide. It is the only spray painting technology in the world.

Proposed ODA Projects and Expected Impact

- Improvement of air pollution
- Widely using of "Carbon Dioxide Coating System" in China brings about reduction of VOC in coating process. As a result, it will also reduce air pollutants coming from China to Japan.