

## 次世代煙突 ～膜素材でできた SDGsな煙突～

カナデビア株式会社 増田智成  
太陽工業株式会社 徳永吉昭

## 1 背景

世の中にはあらゆる形状、構造形式の煙突が存在しています。鉄塔支持型の鋼製煙突や、外壁コンクリートや金属パネル等でできた煙突がその事例です。

廃棄物処理施設においては、図—1に示すように、ごみを燃やして衛生的に処理すると同時に発電を行う施設であり、温室効果ガス排出の削減に貢献しています。

ごみ焼却発電施設の内部は、このような過程で出てくる「高度処理した排ガス」を通気させるパイプと、その周囲をコンクリートや金属パネル等で囲んだ景観配慮型煙突で、従来のものに比べて環境に配慮したアイデア・コンセプトで新たな製品開発ができないか考えました。

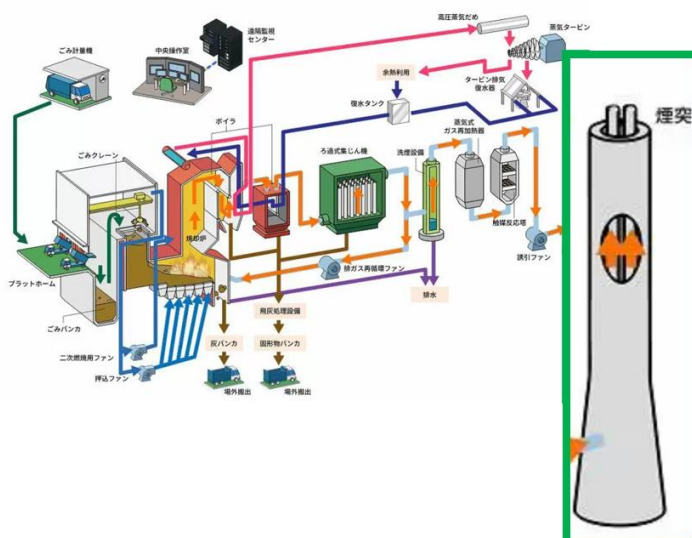


図-1 廃棄物処理施設での煙突

一方、わが国は地震国で、図—2に示すように、強震により煙突外壁に亀裂を生じ、変形によって外壁パネルが落下する被害を受け、施設の稼働停止をせざる得なくなった事例もありました。災害後の廃棄物処理のため安定稼働が求められ、復旧や復興の地域防災拠点の役割がますます期待されています。



図-2 地震による被害事例

そこで、これらの課題を解決するため、2011 年から耐震性に優れた次世代の煙突の開発に取り組んできました。特に、廃棄物処理施設で多用されている従来の画一的な形状デザインだけではなく、さまざまな形状も実現可能なように、従来型煙突に代わる新製品として、図一3に示すような軽量で耐候性の高い膜素材に着目し、

- 1) 耐震性向上
- 2) 工期短縮
- 3) 環境負荷低減
- 4) 新たなライティングによる情報発信
- 5) メンテナンス性向上

の特長を有する煙突の開発を開始しました。開発当初にデザインしたイメージを図-4に示します。

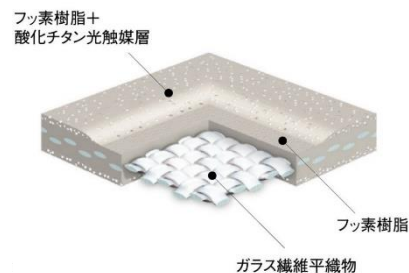


図-3 適用材料

大きな特徴として、空気中に含まれる NO<sub>x</sub> 浄化機能をもつ高機能酸化チタン光触媒膜を初めて煙突外壁に用いることで軽量化を図り、膜素材の特徴を生かした高いデザイン性を実現可能にしました。膜素材により製造段階を含むライフサイクル CO<sub>2</sub>の排出を削減することで解体処分の負荷を大幅に減らし、環境負荷低減に寄与できます。さらに、解体後も材料の再活用を目指す取り組みで資源循環社会の形成に大きく貢献することができます。

近年、人手不足による価格高騰で、外部における足場の設置作業には、相当な時間と人手が必要となっています。開発当初、その課題を解消するために、膜素材の取り扱いやすさを利用して、煙突という高所での外部作業を削減すべく、外壁膜の施工を内部足場から施工する施工新技術の実用化に取り組み、製品化しました。



図－４ 開発イメージ

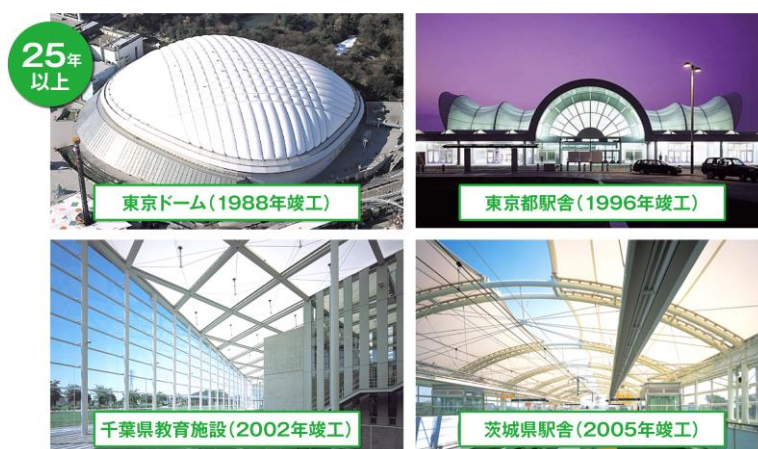
## ２ 適用素材と製品特徴

従来煙突の外壁塗装では、発電所などの場合、鉄塔支持型が多く、塗装は耐候性を重視し、ポリウレタンやフッ素樹脂塗装が多用されています。塗り替えには外部足場が必要となり、周辺環境への配慮と共にコストがかかります。他方、清掃工場では外壁がコンクリートの場合は、吹付タイルが主であり、発電所などと同じく、外部足場や周辺配慮が必要となります。

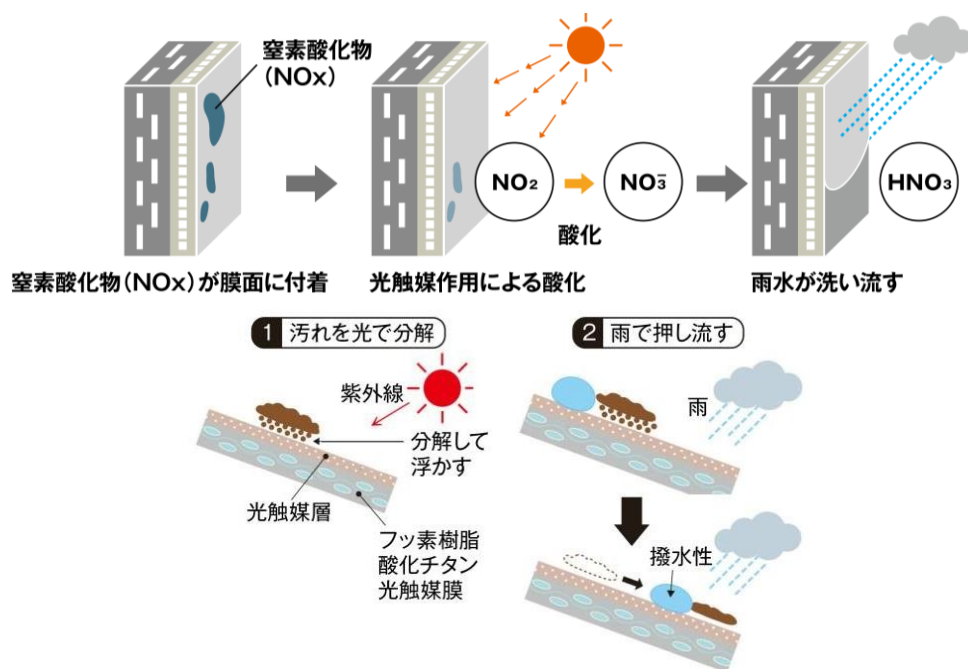
塗装の耐久年数については、フッ素樹脂塗装の場合約15～20年で、ラジカルならば約14～16年、シリコンは約12～15年、ウレタンは約7～10年、アクリル塗装で約6年となります。耐久年数が高いほど塗装の材料、施工コストは高くなっています。これに対して外装材としての膜材は、これらの塗料の耐用年数と比較しても紫外線劣化による塗装のメンテナンスも必要なく、さらに煙突の採用する膜材は有機物を分解し親水性によるセルフクリーニング効果を有する高機能酸化チタン光触媒膜なので、大気中の窒素酸化物の分解機能も有しているため空気浄化など周辺環境の美化にも貢献します。開発製品における膜材の特徴は、

- 1) ガラス繊維平織物の両面にフッ素樹脂をコーティングしており厚さはわずか 0.8mm
- 2) 酸化チタン光触媒膜を表層に形成することで窒素酸化物を分解する

で、素材としての耐久年数の実績は図－５に示すとおり25年以上になります。高機能酸化チタン光触媒膜のセルフクリーニング効果とそのメカニズムを図－６に、窒素酸化物の低減効果を図－７に示します。



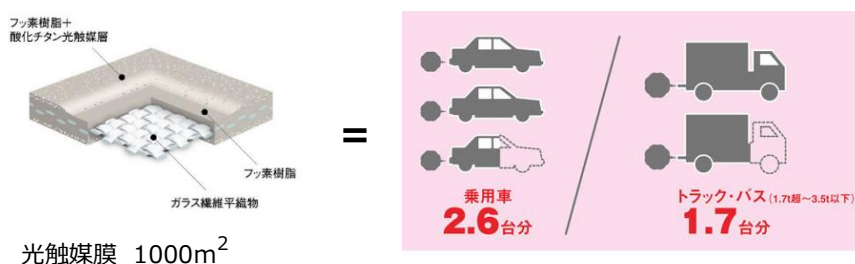
図－５ 膜製品の実績



図ー6 光触媒のNOx 除去のメカニズム

| 車両総重量 (*1)                | NOx排出係数 (g/km) | 1台・1時間あたりのNOx排出量 (g/h・台) | 1000m <sup>2</sup> あたりのNOx除去量 換算台数 (*2) |
|---------------------------|----------------|--------------------------|-----------------------------------------|
| トラック・バス<br>(1.7t超～3.5t以下) | 0.03           | 0.681                    | 1.7台分                                   |
| 乗用車                       | 0.02           | 0.454                    | 2.6台分                                   |

※1 国交省排出ガス認定車の 2000 年基準排出ガス 75%低減レベル超・低排出ガス (★★★) のもの  
 ※2 10・15 モードの平均速度 (22.7km/h) で 1 時間走行して排出される NOx 除去性能に相当



図ー7 光触媒のNOx 除去効果

図ー2に示すような軽量コンクリートパネルで煙突外壁を施工した場合 (パターン①)と比較して開発製品を適用した場合の材料製造段階における CO<sub>2</sub>排出量は、パターン①の外壁厚さを 120mm とした場合 CO<sub>2</sub>排出量は約 30kg となり、外壁面積が 800m<sup>2</sup> の場合、CO<sub>2</sub>排出量は 24,000kgとなります。

一方、膜煙突の場合 CO<sub>2</sub>排出量は約 4kg で、外壁面積が 800m<sup>2</sup>では 3,200kgとなり約 1/7 削減可能となります。

これに加えて、外壁解体時には外壁の撤去と構造部材である鉄骨の撤去が生じ、パターン①では、通常工期として、約 1 か月半から 2 か 月かかる一方、今回開発した膜煙突では、約半月での解体を可能とするため、その工期削減が解体時の CO<sub>2</sub>削減にも寄与します。さらに解体後、材料の再活用も可

能で、SDGs のコンセプト「つくる責任つかう責任」にマッチします。

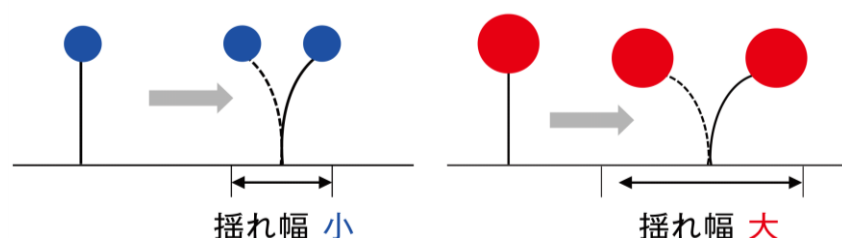
一方、耐震性について、通常、地震エネルギーは重量に比例するため図—8に示すように、軽量の膜素材を外壁に適用することで、煙突全体の耐震性を大きく向上させることが可能となります。

特に、膜素材は十分な延性を有するため、地震時の変形に追随して破損しにくく、鋭利な物体が飛散することはありません。さらに、煙突部分の重量を小さくできることで、基礎構造も小さく抑えることができます。その効果として、基礎工事費用の低減も期待できます。そのことで、建設時のエネルギーを削減することでSDGs のコンセプトにマッチします。

強風時についても、膜が変形に追随するため、全体の揺れを抑える効果もあったことも実機での計測結果から判明しました。

煙突の内筒（排ガス管）から排出される排ガス温度については、約 130℃の高温になる可能性があります。今回採用した膜材料でも支障のないことを確認しています。

開発当初、煙突という高所での外部作業を削減するために、カナデビア株式会社（旧日立造船株式会社）の工場内に高さ8mの試作機を製作し、外壁に設置した膜素材を、内部のみから引き込む施工技術を考案し、さまざまな施工検証を行いました。ここで得られた検証結果を、煙突外壁膜固定方法として特許出願し、登録されました。



図—8 耐震効果の比較

また工場での実証では、煙突をライトアップすることも想定した検証を行いました。従来、建築物のライトアップは外部照射が一般的でその場合、光が拡散することで局部的にしかライトアップができませんが、内部に光源を設置することで、膜を通じて透過する光の効果を生み出すことができました。

具体的には、試作機内部に設置した照明装置から内照させる演出効果を検証しました。このことで、煙突デザインに新たな多様性が加わり内部からの照明効果は、外部照明にはないライティング効果が期待できるとともに、煙突を地域へのサイン機能を持つ防災拠点として避難場所や警報を示す広告塔としての機能も果たすことが可能です。

### 3 実用事例

佐賀県東部環境施設組合様向け「佐賀東部クリーンエコランド」において、高さ 59m、頂部幅約 6m×6m の建屋一体型煙突で最上部から 28m の範囲で実用化した例を図—9、図—10に示します。

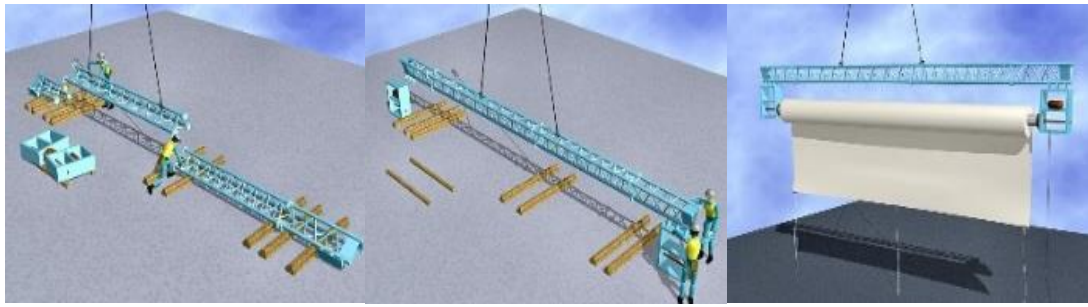


図一 9 次世代煙突 施工写真



図一 1 0 施設外観

施工中、強風による取付け工事への影響を最小限にするため、外壁膜を分割し、クレーンで揚重し地上から吊り上げて膜を広げる方法を採用しました。施工イメージを図一11に示します。膜先端にあらかじめ引込金物を取り付けて、膜周囲を①最上部→②最下部→③側面分割部の順番で膜を引き込み、鉄骨本体と固定しました。



図ー 1 1 施工方法

縦方向にアルミファスナーを挿入し所定位置へ引き込んでいくことで張力をかけるので、設定した膜の長さ、本体鉄骨にあらかじめ取り付け付けた金物の位置を確保するための精度が重要となります。精度が悪いとボルトで固定することが困難となるため、その点に細心の注意を払い、これら一連の施工を約 15 日間という短期間で完了しました。

#### 4 まとめ

空気中に含まれる NO<sub>x</sub> の浄化機能をもつ高機能酸化チタン光触媒膜を煙突外壁に用いることで、東京ドームの屋根材と同じように長期間美観を保ち、かつ、軽量化の効果で耐震性の高い新製品について、開発した経緯から実用化事例を説明することで、以下の独自性を紹介しました。

- ① 従来工法より超軽量のため耐震性に優れる
- ② 高機能酸化チタン光触媒膜のためセルフクリーニング効果や耐候性に優れる
- ③ 膜取付けを短期間で完了し外部足場も大幅削減できるため従来と比べ数か月以上工期短縮を図れる
- ④ 内部からの照明効果など外部照明にはないライティング効果が期待できる
- ⑤ 維持管理が容易である

この特徴で、材料製造、建設、解体のライフサイクル CO<sub>2</sub>排出量を従来煙突(外壁材:押出成型セメント板)と比較して約 20%削減することが可能となります。本技術は、2013 年に一般社団法人日本膜構造協会の技術審査<sup>1)</sup>を経て 2018 年に建物一体型煙突施設で世界に先駆けて1号機として実用化しました<sup>2)</sup>。当時、大阪北部地震後にニュースでも取り上げられ、2018 年度グッドデザイン賞を受賞し今年(2024 年)、佐賀県で2号機を納入し、今後も環境にやさしい製品として展開していきます。

#### 参考文献

- 1)増田智成、高鍋浩二、徳永吉昭、野口明裕.災害に強い清掃工場向け煙突の開発.第 25 回廃棄物資源循環学会研究発表会講演集.2014.9,P351-352.
- 2)増田智成、小林修治、徳永吉昭、野口明裕.清掃工場向け外壁膜煙突の実用化と施工報告.第 39 回全国都市清掃研究・事例発表会講演論文集.201712, P28-30.