

既設乾式 EP 追設型移動静電ネット EP の開発

Mobile Net Electrostatic Precipitator for Dry Electrostatic Precipitator Backup

技術本部 上田 泰稔^{*1} 小嶋 勝久^{*2}
 機械事業本部 富松 一隆^{*3}
 神戸造船所 加賀見 守男^{*4} 梶井 克修^{*4}

近年、環境規制が強化される中、ダスト排出量低減や負荷上昇に伴うダスト排出量増加に対する低減を行う必要があり、既設電気集じん装置（以下、EP と称す）等の性能向上対策が急務となっている。既設 EP の性能向上対策としては、室を新たに増室する等の方法があるが、この場合、設置スペース、工期及びコストの面で対応できないケースが多かった。以上のような背景から従来型 EP を増室する場合に比べて、省スペースでかつ、工期短縮・低コストにて追設可能な移動静電ネット EP を開発し、その結果出口ダスト濃度を現状の 20～50 % に低減することができた。

Increasingly strict environmental regulations have made it necessary to reduce and control dust. Electrostatic precipitators must therefore be made more efficient. One way to do this is to add a second ESP, but limited space, prolonged construction time, and high cost may prevent this. We developed a mobile net ESP uses less space, shorter construction time, and lower cost than building another ESP, that can be used with existing equipment to decrease dust by 20-50% of the conventional.

1. ま え が き

環境規制が強化される中、ダスト排出量低減や負荷上昇に伴うダスト排出量増加分の削減が強く求められてきた。これまで既設 EP に 1 室分の新設 EP を増設することで対応してきた。しかし、設置スペース、工期、さらには EP 増設に対する一層のコスト低減の要求にこたえるためには、既設 EP に追設可能な低コスト型簡易集じん装置の実現が必要である。

この背景の下、既設 EP の性能改善を目的に省スペース・短工期かつ低コストで追設可能な移動静電ネット EP の開発研究を実施した。

2. 移動静電ネット EP の原理・構成

図 1 に集じん原理を、図 2 に既設 EP 出口に本装置を追設した場合の本装置の鳥かん図を示す。移動静電ネットは既設乾式 EP の出口ダクトに設置するもので、次の 3 点から構成され、ネットは上方のドラム軸、ブラシはブラシ軸に駆動モータを取付けて夫々独立に駆動回転させるものである。

- ① ガス流れに直交して配置し、上下のドラムを介して回転するダストの集じん部であるステンレス製のネット（金網）
- ② ネットの上流側及び下流側に配置され、ネットとの間にコロナ放電による不平等電界を発生させてダストに電荷を帯びさせるとげ付き放電極
- ③ ネットの下部にネットに接するように配置させ、ネット表面上に捕集したダストをかき取る回転式のブラシ

図 1 に示すように、移動静電ネット EP におけるダストの集jinの原理は、従来の EP と同様で、コロナ放電を利用して排ガス中のダストを帯電させ、静電気力＋イオン風により、集jin極（ネット）まで移動させて集jinさせる⁽¹⁾というものである。ただし、従来の集jin板の代りに、本装置ではステン

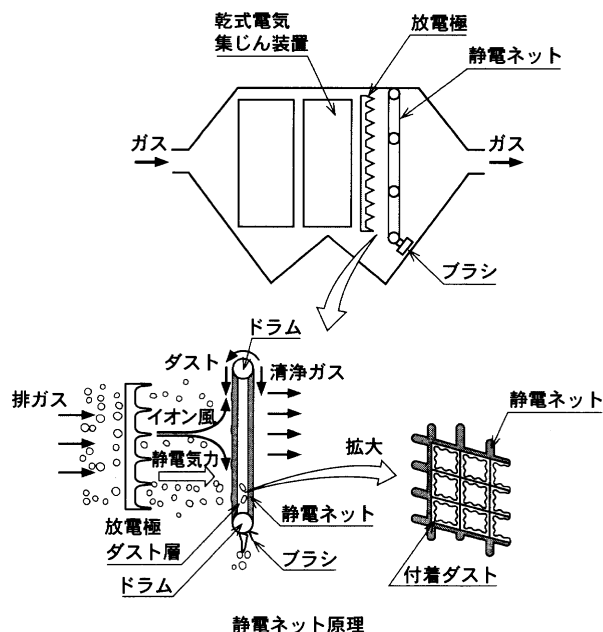


図 1 静電ネット EP 集jin原理 ダストがネット上に集jinされる原理を示す。
 Dust collecting theory on net type electro precipitator

レス製のネット（金網）を採用している。図 2 にあるように、この集jin用ネットは、上下方向に移動（回転）し、ネット下部に設置した回転ブラシで、集jinしたダストを連続的にブラッシングしてかき落とす方式となっている。このため、ネットの表面は、常に洗浄された状態を保つことができ、性能の劣化がほとんどなく、安定した性能が維持できる。このように省スペース・安定性能の特徴に加え、ネットの設置数を増加させ、また、ネットを上・下流側から荷電することにより、集jin効率を更に向上させることができる。ネットの

^{*1} 高砂研究所流体研究室主席
^{*2} 高砂研究所流体研究室

^{*3} 環境装置技術統括グループ主席
^{*4} 環境プラント部排煙処理プラント設計課

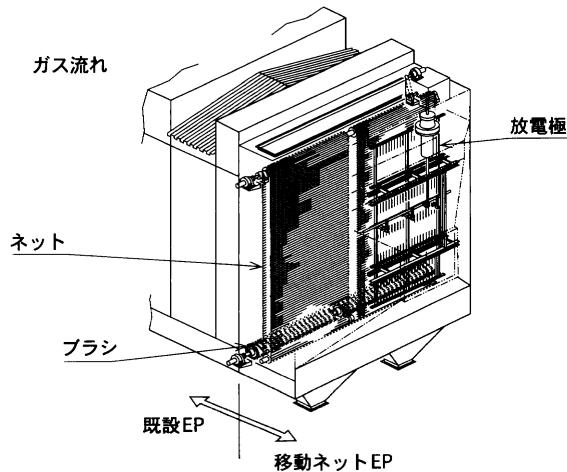


図2 移動静電ネット EP 移動静電ネット EPを既設 EPに追設したときの設置例の鳥かん図を示す。
Bird's eye view of moving net type electrostatic precipitator

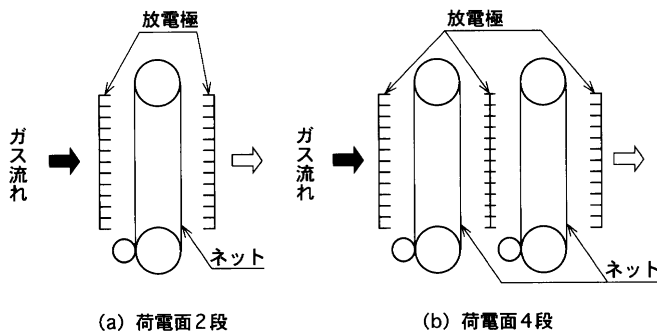


図3 ネット荷電方式の模式図 ネットへの荷電方式を示す。
Figure of net energization system

集じん面積は既設 EP に比べて非常に小さいため、設置数を増やすことによる消費電力の増加はわずかである。図3に荷電方式の模式図を示すが、主な方式として、ネット1ユニットに対して上・下流側から荷電する荷電面2段、ネット2ユニットに対して上・下流側から荷電する荷電面4段方式がある。ユニット数・段数にかかわらず、荷電設備は共通である。

3. 試験結果

開発に当っては、主としてダスト集じん性能の検証を目的とし、図4(a)に示す2つのユニットを備えた性能検証モデルと、主としてハード面の検証を目的とし、図4(b)に示すネットの高さを実機並みの7mとした耐久検証モデルの2つのモデルを用いて、性能・ハードの両面の評価を実施した。表1に各モデル仕様を示す。また、性能検証においては、ターゲットガス流速を最も代表的な既設 EP のガス流速である 1 m/s において、模擬排ガスを用いたラボ試験と実排ガスを用いたフィールド試験のステップを踏んで実用化を図った。

3.1 ダスト集じん性能検証試験

3.1.1 模擬排ガスによるラボ試験

試験流体として、高温空気+ダスト（石炭灰、平均粒径：4 μm ）の模擬排ガスを図4(a)に示す試験装置内に導入し、表2に示す試験条件に基づき、入口ダスト濃度、ガス流速、

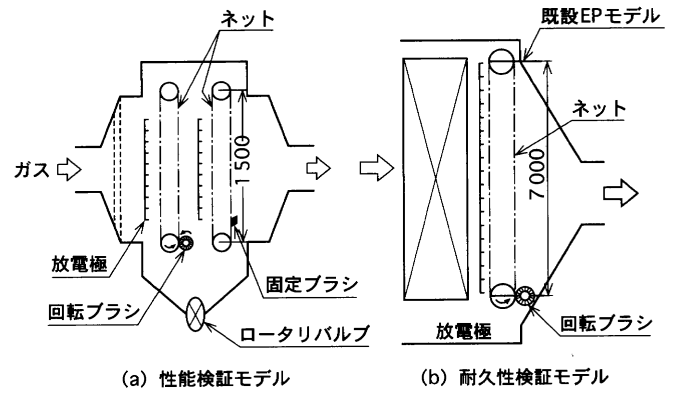


図4 検証試験モデル (a)に性能検証試験に用いた試験装置概略を、(b)に耐久性試験に用いた試験装置概略を示す。
Verification model of dust collecting performance and durability

表1 モデル仕様

Specification of test model

	性能検証モデル	耐久検証モデル
ネット有効高さ m	1.5	7
ネット幅 m	1	0.5
ユニット数	2	1
荷電面 (段)	4	1

表2 試験条件

Specification of test matrix

	性能検証試験		耐久検証試験
	ラボ試験	フィールド試験	
ダスト	石炭灰	セメント原料	石炭灰
ガス温度 $^{\circ}\text{C}$	30~70	85	20
ガス流量 $\text{m}^3\text{N/h}$	1730~5890	1640~4910	12750
ガス流速 m/s	0.5~1.5	1	1
荷電電流レベル	低~定格	定格	定格
入口ダスト濃度 $\text{mg}/\text{m}^3\text{N}$	50~200	30~50	100
ダスト電気比抵抗 $\Omega\cdot\text{cm}$	$10^{10}\sim 10^{13}$	2×10^{12}	1×10^{11}
ネット回転条件 min/1周	20~40	20~40	1

ネット回転条件、荷電面及びダストの電気比抵抗等の性能パラメータ変化試験を実施した。試験装置の上流側には既設 EP を模擬した乾式 EP モデルを設置し、実機に近い条件で試験を行った。

3.1.2 敦賀セメント(株)での実機排ガスによるフィールド試験

敦賀セメント(株)敦賀工場内原料ミル用既設 EP から実排ガスを抽気して図4(a)に示す試験装置内に導入し、表2の試験条件に基づき、実排ガス条件下での検証試験を実施した。

3.1.3 試験結果

模擬排ガスでのラボ試験において、パラメータを変化させた試験を実施した結果、最もダストの集じん効率に影響を及ぼす因子はガス流速と荷電電流である。図5に荷電電流が低レベル条件と定格条件において、ガス流速を変化させたとき

の集じん効率を示す。この図よりガス流速が速くなるほどネットからの集じんダストの再飛散が多くなり、ダスト集じん効率が低下する傾向にある。しかし、とげ付き放電極の最適化を行い、十分な荷電電流を確保することにより、定格の荷電電流では目標としたガス流速である 1 m/s を超える 1.2 m/s のガス流速条件においても、ネット 2 ユニット、荷電面 2 段の条件で 50 % 以上の集じん効率を得られた。

図 6 には実排ガスフィールド試験における移動静電ネット出口のダスト濃度の経時変化特性を示す。図よりパラメータ変化試験で最適化された諸条件を設定することにより、数時間にわたって出口ダスト濃度は一定であることが確認できる(図中のダスト濃度の変動は上流側 EP のインタバルうち打ちによるもの)。本試験ではネット 1 周の所要時間は 20 min としており、試験の間にネットは十数周していることになるが、

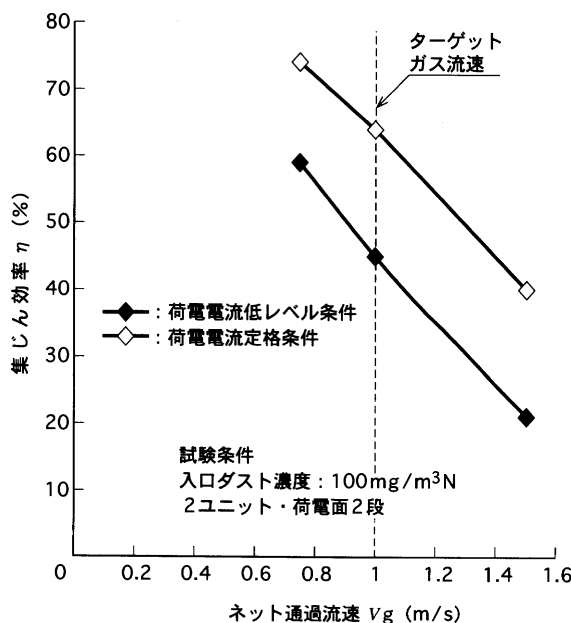


図 5 ガス流速と集じん効率の関係 ガス流速変化に対するネットの集じん効率の関係を示す。
Dust collecting performance diagram at gas velocity

この繰返し条件下で出口ダスト濃度に変化が見られないことから判断して、ネットを移動させてブラシで連続的に集じんだダストをかき取ることにより、性能の経時劣化がほとんどないことが実証された。ラボ及びフィールド試験結果から最終的に得られた移動静電ネット EP のダスト集じん効率の評価を図 7 に示す。図より、荷電面段数を増すにつれて集じん効率は向上する傾向にあり、ネット 1 ユニット・荷電面 1 段で集じん効率 50 %、ネット 2 ユニット・荷電面 4 段で約 80 % の集じん効率を得られることが確認される。

表 3 に本研究結果から得られた移動静電ネット EP の仕様を示す。

ダストの電気比抵抗は、ガス温度、水分によっても異なる。例えば組成に S, Na, K 等の元素を多く含む比抵抗が $5 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ を超えるダストになるとネット上で集じんされたダスト層で逆電離現象⁽¹⁾が発生して性能が低下する。このことを考慮して、ここでは $5 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 以下が望ましいと判断している。圧力損失は集じん部がネット状でありかつ、ガス流速

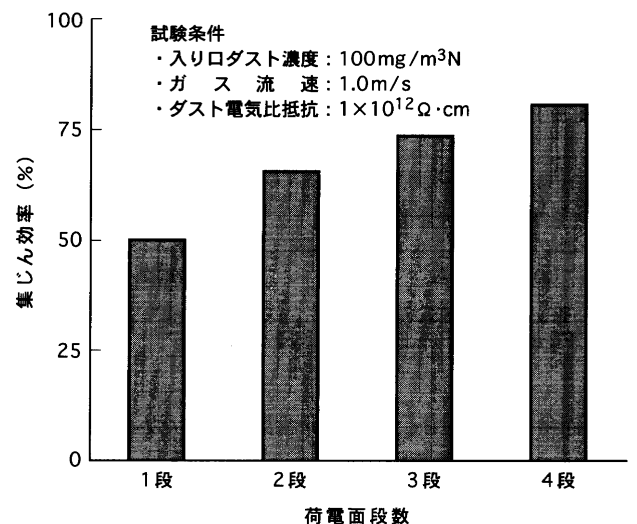


図 7 移動静電ネット EP 捕集性能曲線 移動静電ネット EP の荷電面数変化によるダスト集じん効率を示す。
Dust collecting performance diagram of moving net electrostatic precipitator

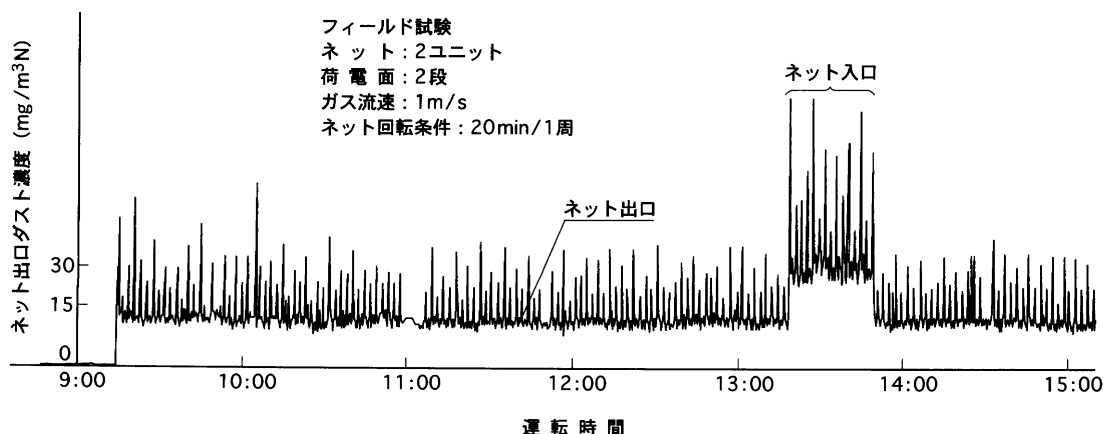


図 6 移動静電ネット出口ダスト濃度の経時変化特性 実排ガス条件下におけるネット出口ダスト濃度の経時変化特性を示す。
Trend data of net outlet dust concentration

表3 移動静電ネット EP 仕様

Specification of moving net electrostatic precipitator

ガス流速	1.2 m/s 以下 (荷電面 2 段で集じん効率 50 % を確保)
ダスト電気比抵抗	$5 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 以下で性能維持
圧力損失	10 mmAq 以下
集じん効率	50 ~ 80 %

が遅いため、ガス流れに直交配置した状態でも 10 mmAq 以下と低圧損である。このため、ネット追設によるファンの補強等の設備投資はほとんど必要ない。

3.2 耐久性試験結果

耐久性評価は、図 4 (b) に示す実機並み高さのモデルを用い、模擬ガス (常温空気 + 実機 EP 捕集石炭灰) 条件の下、ネット及び回転ブラシの回転速度を実機条件より速めた加速試験により、2 年間相当の連続運転を実施した。加速の根拠は、別途要素試験により SUS 棒と耐熱樹脂板を接触させて SUS 棒を回転させ、回転速度と樹脂の摩耗量を把握した結果、摩耗量は回転速度の 0.9 乗に比例することを確認している。したがって回転速度を実機の 20 倍で行い、摩耗の加速は 20 倍の 0.9 乗である 15 倍として 2 年間相当の 50 日 ($50 \times 15 = 750$ 日) の連続運転を実施した。特に主要構成であるネット及びブラシについては、次の観点から検証を行った。

● ネット：疲労、摩耗性、延性

● ブラシ：脱毛、摩耗性、ダスト払落とし機能

その結果、ネットはステンレス製、回転ブラシは特殊耐熱樹脂製とすることにより、前記観点すべてを問題なくクリアされた。また、その他の構成部品も含め、2 年間相当の加速試験においては問題となる現象は認められず、ハード面の耐久性が検証された。

4. む す び

省スペース・短工期・低コストで既設 EP に追設可能とし、出口ダスト濃度を半減以下 (50 ~ 80 % 除去) にできる移動静電ネット EP に関し、性能及び耐久の両面を検証し、既設 EP の性能向上対策に十分対応可能なことを確認した。なお、本装置は初号機が敦賀セメント (株) 敦賀工場において、2000 年 9 月より運転を開始 (処理能力：約 $311\,000 \text{ m}^3 \text{N/h-wet}$) している。

今後は初号機での実績を踏まえ、石炭だきボイラ等を含めて更に適用分野の拡大を図っていきたい。

最後に、今回のフィールド試験でご協力頂いた敦賀セメント (株) に深く感謝致します。

参 考 文 献

- (1) 益田閃一ほか、静電気ハンドブック第 1 巻、オーム社 (1988) p.473 ~ 559