

〈技術レポート〉

気化式加湿エレメント

T/#8808 「ヒューセル」

工業製品事業部 ハニケル事業開発部 大角洋樹
鶴見研究所 MD部門 環境分野 谷口隆志

家庭やオフィスといった生活空間は、エアコンの普及と共に居住者にとって寒暖の差を感じさせなくなっている。

しかし人間には適度な湿度も必要であり、特に冬季の乾燥した空気は、喉の粘膜への刺激や静電気の発生などを起こし、我々に対して不快感を与える。また電子部品の製造においても、湿度は重要な役割を果たしている。

本報では、空調技術の中でも特に加湿をコントロールする為に開発した気化式加湿エレメントについて解説し、その特性、評価試験、使用例、及び応用について紹介する。

1. はじめに

生活環境の改善や産業技術の高度化に伴い、空調設備は欠かせないものになっている。

特に季節の変化が豊かな日本では、夏季は高温高湿の為、かびの発生による生活環境の汚染や、錆の発生による産業環境への影響等が考えられ、また冬季は低温低湿の為、喉の乾燥等の人体への影響や静電気の発生による電子部品への影響等、さまざまな影響が考えられる。この様な背景から季節に応じた空調設備、空調技術が求められている。

「建築基準施行令」並びに「建築物における衛生的環境の確保に関する法律」（通称「ビル管理法」）中の「室内環境基準」によれば、温度は17℃以上28℃以下、相対湿度は40%以上70%以下と定められており、一般的な空調設計では、夏期は26℃/50%RH前後、冬季は22℃/40%RH前後を目標値とすることが多い。

この目標値に対して冷暖房機能を持ったエアコンは、温度の調整と空気中の水分除去（除湿）に関して比較的容易にコントロール出来るが、空気中への水分付加（加湿）は、水の供給を必要とす

るため困難である。よって加湿器が必要になってくる。

2. 加湿器

2.1 加湿器の種類と特徴

図1に加湿器の分類を示す。加湿器は大きく分けて水噴霧式、蒸気式、気化式の3種類の加湿方式に分けられ、さらに加湿機構によって細かく分類される。本稿で述べる気化式加湿エレメントは気化式加湿器の滴下式に分類される。

加湿器は使用環境、要求特性に合わせた加湿方式を選ぶ必要がある。表1に各加湿方式の特徴（長所、短所）をまとめた。

水噴霧式は古くからある加湿方式であり、機構の簡便さとランニングコストの安さが長所であるが、水中の不純物飛散や加湿器の大型化が問題となっている。蒸気式は大きな加湿量とクリーンな加湿が可能である長所を持つが、ランニングコストが高い、結露しやすい等の短所を持っている。

2.2 気化式加湿器

気化式は、水噴霧式と蒸気式の長所を合わせた特徴を持つ。機構は簡単で、ランニングコストも安く、クリーンな加湿ができ、結露もしない。

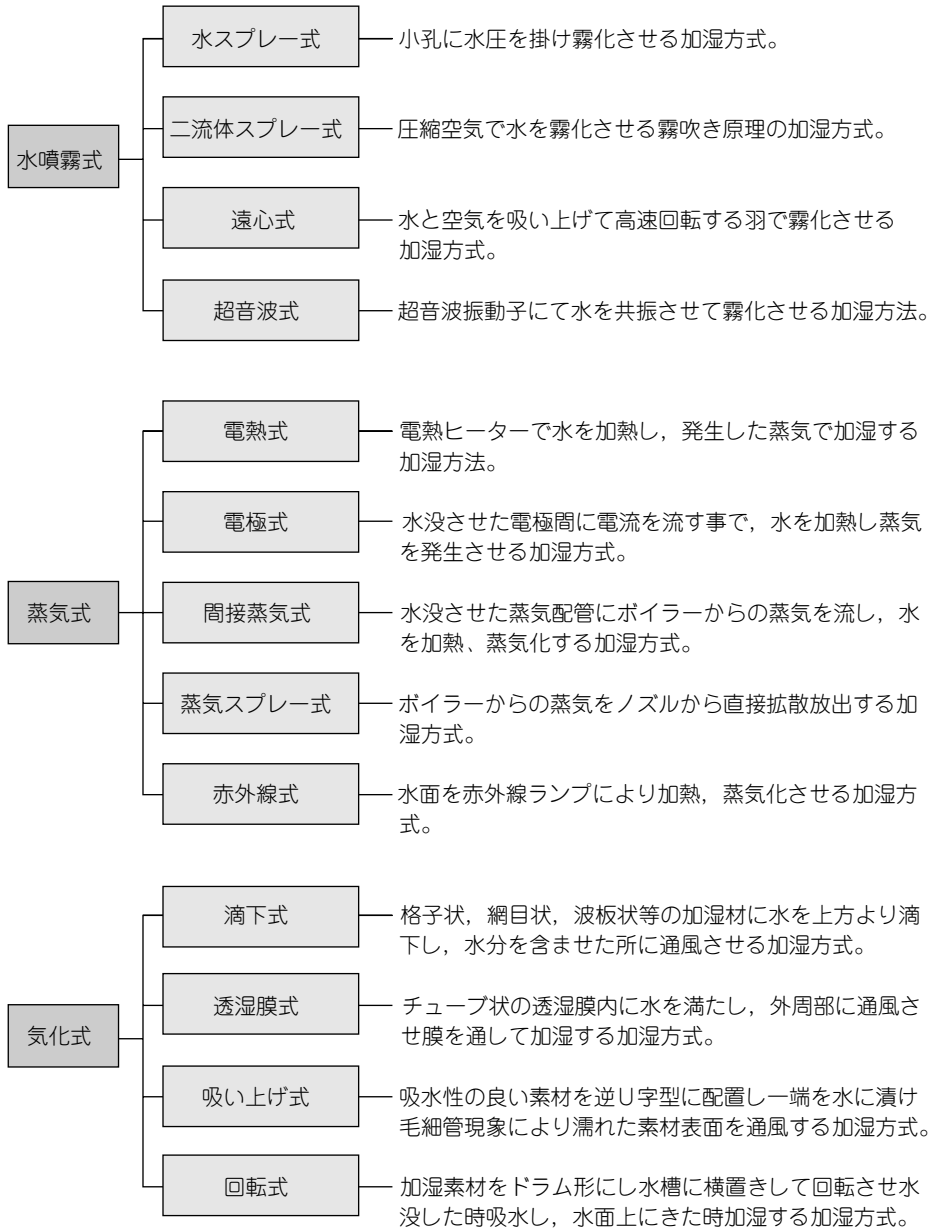


図1 加湿器の分類

更に近年の加湿器の使用環境は、オフィスビル等のOA化推進、気密性の向上等により、室内発生顕熱が増大し、年間冷房、局所冷房の必要性が出てきており、年間を通して低相対湿度雰囲気傾向にある。これが気化式の短所である加湿量変動を小さくし、さらに蒸発潜熱による冷却効果も

加わるため、気化式加湿器は加湿器の中でも大きな注目を集め始めている。

滴下式の気化式加湿器の機構を図2に示す。

加湿エレメント（加湿素子）は、上部の給水ヘッダーから供給される水を保水し、余剰分は下部より排水する。濡れた加湿エレメントを通過した

表1 各加湿方式の特徴（長所／短所）

| | 水噴霧式 | 蒸気式 | 気化式 |
|----|---|--|---|
| 長所 | <ul style="list-style-type: none"> 超音波式 加湿効率が良い。 応答性が良い。 上記以外 機構が簡単 ランニングコストが安い。 | <ul style="list-style-type: none"> 水を加熱するので殺菌効果がある。 水中の不純物を飛散しない。 加湿量が大きい。 蒸気を作る為、温度降下が無い。 | <ul style="list-style-type: none"> 機構が簡単でメンテナンスが容易。 省エネルギー。 ランニングコストが安い。 水中の不純物を飛散しない。 飽和蒸気圧になると気化しない為結露が起きない。 |
| 短所 | <ul style="list-style-type: none"> 水中の不純物が飛散する。 貯水中に雑菌が繁殖する。 水の蒸発潜熱による温度降下。 蒸発距離が必要な為、気化室が大型化。 水滴飛散除去用トラップ必要。 清浄な水を得る為に純水器を使うとイニシャルコスト、ランニングコストが高くなる。 | <ul style="list-style-type: none"> 水を加熱し続けるのでランニングコストが高い。 エネルギー効率が悪い。 飽和蒸気を作る為、結露し易い。 水中のミネラル分等が析出し、加湿能力を悪くしてしまう。 定期的な洗浄、メンテナンスが必要。 | <ul style="list-style-type: none"> 通風空気条件により加湿量が変動する。 水の蒸発潜熱による温度降下がある。 |

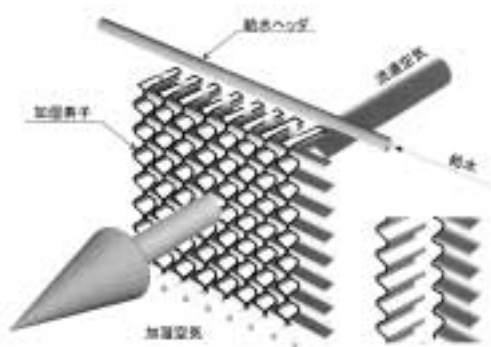


図2 気化式加湿器の機構

流通空気は、加湿エレメント上の水と接触し、加湿空気となる。

滴下式は他の気化式加湿器の方式と比べ、機構が簡単であり、接触面積も大きいことから、より優れていると考えられる。

3. 加湿エレメント「ヒューセル」

こうした加湿市場のニーズに応えるべく、弊社では、1990年頃より気化式加湿器に使用する気化式加湿エレメントの開発を行ってきた。現在、その用途に併せて2種類の気化式加湿エレメントを製品化している。

3.1 物性・特性

1) T/#8808「ヒューセル HE-H」

これは、無機繊維を骨格とし、無機充填材と無機結合材によって構成された不燃タイプの加湿エレメントである。

製品強度、吸水能力、耐久性に優れており、主に産業分野の加湿器用途に使われている。

写真1は加湿素子を構成している壁表面のSEM写真である。無機充填材と無機結合材は完全に素子表面を覆うのではなく、内部に浸透性向

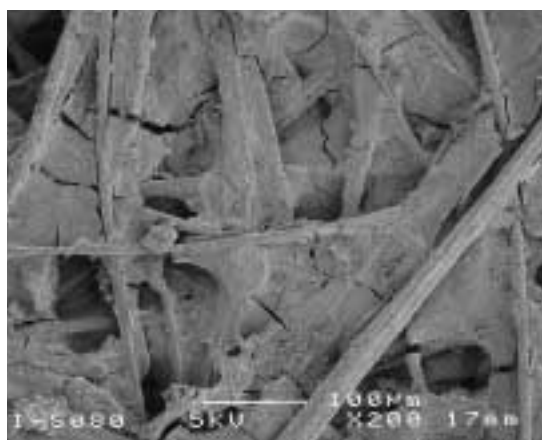


写真1 ヒューセルHE-H SEM写真

上のための空隙を持たせながら強固な壁を作っている。

2) T/#8808「ヒューセル HE-M」

これは、無機繊維と難燃有機繊維を骨格とし、無機充填材と難燃特性を持った有機結合材によって構成された難燃タイプの加湿エレメントである。

低臭気特性、保水能力、軽量性に優れており、主にオフィス等のビル空調の加湿器用途に使われている。写真2は加湿素子を構成している壁表面のSEM写真である。造膜性の小さい有機結合材を使用したことにより充填材の形がはっきりと残り、また繊維に絡みつくように担持されているため、毛細管現象による水の表面拡散、内部拡散が起き易く、多くの空隙が保水効果を与えている。

各気化式加湿エレメントの物性値を表2に示す。ここに示した値は標準的なもので、製品寸法

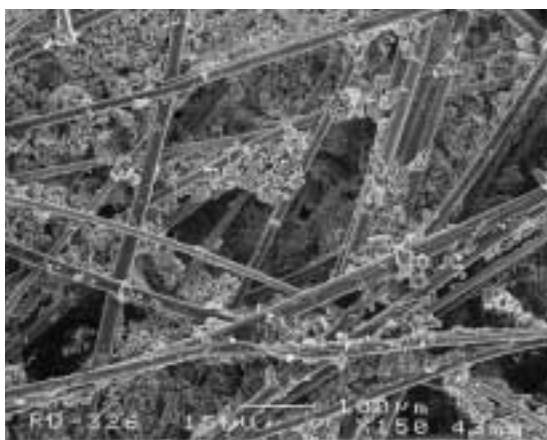


写真2 ヒューセルHE-M SEM写真

についてはある程度変更が可能である。

3.2 「ヒューセル」の性能、及び評価試験結果

ヒューセルHE-H、HE-Mの性能について評価試験を行った結果を以下に示す。

1) 加湿性能試験結果

気化式加湿エレメントの大きな特徴の一つが、同エンタルピーで加湿されることにある。図3の空気線図を使って説明すると、温度 T_1 、絶対湿度 X_1 の空気を気化式加湿器で加湿すると、その時のエンタルピー線上を飽和曲線（相対湿度100%）に向かって移動しながら加湿していく。加湿された空気の温度を T_2 、絶対湿度を X_2 とし、飽和曲線との交点（露点）の温度を T_3 、絶対湿度を X_3 とすると、 X_1 が X_3 （または T_1 が T_3 ）まで移動する量を100%とし、 X_1 が X_2 （または T_1 が T_2 ）まで移動した量が何%に相当するかを表した値を飽和効率と呼ぶ。計算方法は次式で表され、この飽和効率によって加湿性能を表すことができる。

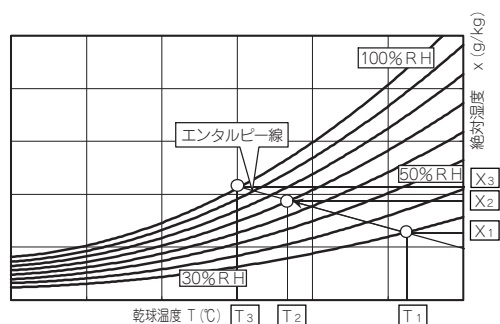


図3 空気線図上での加湿変動

表2 気化式加湿エレメントの物性値

| 呼 称 | | ヒューセル HE - H | | ヒューセル HE - M | |
|------------------------------|-----|------------------|-----|---------------------|------|
| 型 式 | | C段 | A段 | C段 | A段 |
| セル寸法 (mm) | ピッチ | 7.5 | 8.5 | 8.0 | 12.6 |
| | 山 高 | 3.7 | 5.0 | 3.0 | 4.7 |
| 斜 行 角 (度) | | 30/30 | | 30/30 | |
| 製 品 厚 み (mm) | | 35, 55, 100, 150 | | 50, 65, 100, 150 | |
| 材 質 | | 無機繊維 + 無機充填材 | | 無機繊維 + 有機繊維 + 無機充填材 | |
| 素 子 密 度 (kg/m ³) | | 126 | 104 | 78 | 51 |
| 保 水 量 (kg/m ³) | | 133 | 110 | 138 | 90 |
| 耐 熱 温 度 () | | 180 | | 140 | |

$$\text{飽和効率 (\%)} = \frac{(X_2 - X_1)}{(X_3 - X_1)} \times 100$$

- X_1 : 加湿前空気の絶対湿度 (g/kg)
- X_2 : 加湿後空気の絶対湿度 (g/kg)
- X_3 : 加湿前空気同エンタルピー露点湿度 (g/kg)

または,

$$\text{飽和効率 (\%)} = \frac{(T_2 - T_1)}{(T_3 - T_1)} \times 100$$

- T_1 : 加湿前空気の乾球温度 (°C)
- T_2 : 加湿後空気の乾球温度 (°C)
- T_3 : 加湿前空気同エンタルピー露点温度 (°C)

この飽和効率は値が大きい程、加湿性能が良いことを表している。

ヒューセル HE-H の飽和効率を 図4 に、ヒューセル HE-M の飽和効率を 図5 に示す。なお、測定条件は以下の通りである。

面風速 (風量) : 標準空気 20°C 換算
(空気密度 1.2 (kg/m³))

給水量 : 加湿量の 2~5 倍

処理空気温度 : 25°C ~ 40°C

処理空気絶対湿度 : 10 (g/kg)

供給水温度 : 10°C ~ 20°C

気化式加湿方式の加湿性能は接触面積の増加と、接触時間の増加 (面風速が遅いほど) とともに上昇する為、エレメント厚さ、セルサイズ、面風速によって異なる。

例えば 図4 でみると、飽和効率 60% 以上の加湿エレメントが必要な場合、面風速 2.0 (m/s) までは A 段 / 55mm 品 (●印) で対応できるが、面風速が 2.0 (m/s) 以上になる条件では、セルを小さくした C 段の 55mm 品 (○印) でないと、飽和効率を満足できない。

2) 圧力損失測定結果

ヒューセル HE-H の圧力損失を 図6 に、ヒューセル HE-M の圧力損失を 図7 に示す。なお、測定条件は前述の条件とほぼ同じであり、非給水時の結果である。

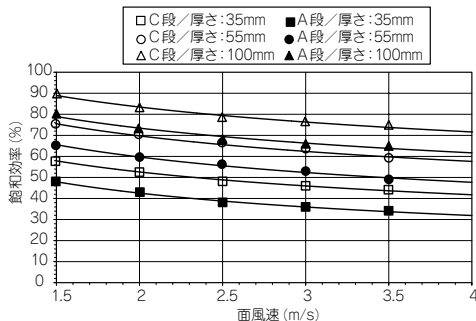


図4 T/# 8808 ヒューセル HE-H 飽和効率線図

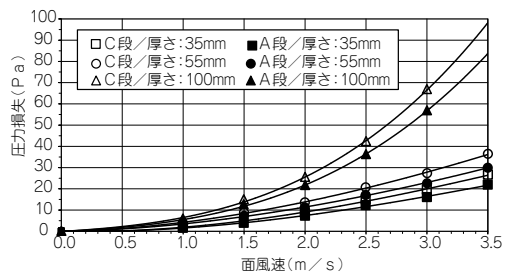


図6 T/# 8808 ヒューセル HE-H 圧力損失線図

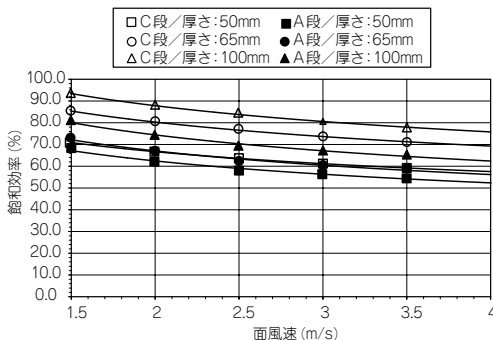


図5 T/# 8808 ヒューセル HE-M 飽和効率線図

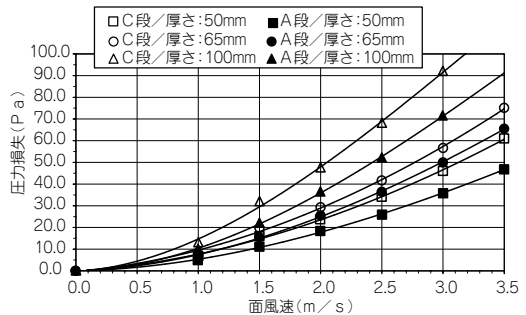


図7 T/# 8808 ヒューセル HE-M 圧力損失線図

加湿エレメントの圧力損失はエレメント厚みが厚くなるほど、セルサイズが細くなるほど大きくなる。

例えば図7の場合、面風速2.0 (m/s) でのC段/65mm品 (○印) の圧力損失は、同じC段の100mm品 (▲印) よりも小さく、同じ厚みでもセルの大きいA段/65mm品 (●印) よりも大きいことがわかる。

3) 水滴飛散 (キャリーオーバー) 測定結果

ヒューセルシリーズは滴下式気化式加湿方式のため、加湿エレメントに滴下した水が、気化しないまま水滴として系内に放出されると、系内の腐食等の恐れがある。この現象を水滴飛散 (キャリーオーバー) 現象と呼び、この現象が出現する面風速を限界風速と呼ぶ。

限界風速は図8に示す通り、面風速と給水量の関係により表され、実際は限界風速以下の条件で使用する。グラフ中の線は各仕様の加湿エレメントの限界風速を表しており、この限界風速線を境に右上 (高面風速, 高給水量) 側がキャリーオーバーしてしまう範囲である。例えばHE-HのC段 (□印) では、面風速3.0 (m/s), 給水量70 (l/h)

の使用条件ではキャリーオーバーしてしまうが、セルの大きいA段 (○印) にすればキャリーオーバーしないことがわかる。

限界風速以上の条件で使用する場合は、エレメント後段にトラップフィルターを設けたり、斜行角度を変えたエレメントを使用することにより水滴飛散による系内腐食等を防止できる。

4) 加速耐久試験

長期使用時における製品の外観変化 (素子の伸び、重量減少) をみるために、給水温度、吸水量、面風速等の加速劣化条件を与え加速耐久試験を行った。結果を図9に示す。

連続運転で約3,000時間 (通常運転時間換算で約15,000時間相当) おこなった時点での加湿エレメントの伸び率、重量減少率は5%未満におさまって安定している。外観的にも大きな変形等はみられなかった。

以上の結果より通常使用条件 (1日8時間, 年間6ヶ月間運転) で約10年の耐久性があると考えられる。

5) 難燃性試験

難燃性試験の国際規格UL94において、HE-HではUL94V0、HE-MではUL94V1に合格している。

又、JIS A 1321「防火材料の難燃性判定試験」においてHE-Hは合格している。

6) かび抵抗性試験

JIS Z 2911「かび抵抗性試験方法」繊維製品の試験、湿式法に準じて試験した結果、4000時間稼動させたものでも、かび抵抗性の表示3 (試料又は試験片の接種した部分に菌糸の発育が認められない) を得ることができている。

7) 安全性試験

食品衛生法・食品、添加物等の規格基準 (昭和34年厚生省告示第370号) に適合している。

4. 応用例

4.1 施工例

こうしたデータを踏まえ、加湿エレメント「ヒューセル」は国内外のユーザーから好評を得ている。これまでの、多数の実績の中から、代表的な一例を挙げると以下の様な施工例がある。

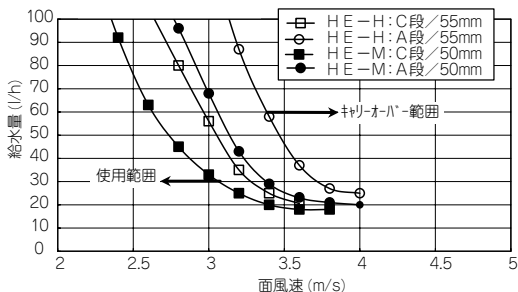


図8 限界風速線図

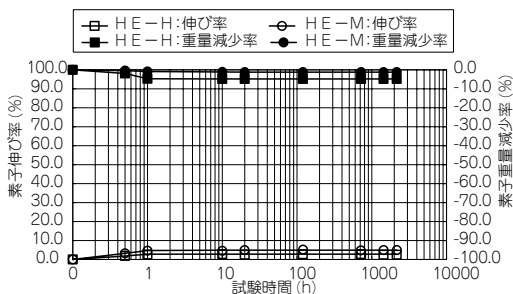


図9 加速耐久試験結果



写真3 気化式加湿器エレメント施工例

納入先：N社本社ビル（国内）

用途：オフィスビル空調の加湿

風量：13,800 (m³/h)

エレメント数：300mm × 300mm × 50mm × 18unit

300mm × 250mm × 50mm × 6unit

写真3に加湿器に設置できる様に加工（ケーシング）した「ヒューセル HE-M」の施工状態を示す。

ここには従来、水噴霧式の加湿器が設置されていたが老朽化したため撤去し、新たに気化式加湿器を設置した。従来のに比べ最大加湿能力が10%以上向上し、加湿時の臭気も改善されている。

4.2 気化式加湿エレメントの応用

気化式加湿器用として開発した「ヒューセル」であるが、その特徴、特性を生かし、用途に応じて素材を変更したりすることで、他の用途にも応用展開が可能である。

(1) 簡易型クーラー

気化式加湿器はその性質上、水の気化熱により空気が冷却されるが、それを利用し養鶏場や養豚場といった畜産分野や、園芸分野、農業分野等の広範囲で簡易的な冷房として使われている。

(2) ノンフロン空調「デシカントシステム」

気化式加湿器と除湿器、全熱交換機を組み合わせることにより温湿度をコントロールすることで、ノンフロン空調用として使用されている。

(3) 水スプレー式加湿器の水滴トラップフィルター

古いビル等には水スプレー方式の水噴霧式加湿器が多く取り付けられており、水スプレー方式の

短所である水滴飛散によるダクト内の腐食が問題となっているケースが多い。この場合加湿器の後段に本エレメントを設置することにより水滴の飛散をトラップし、ダクト内の腐食を防止できる。

(4) 空気浄化用途

「ヒューセル」の形状を応用し充填材等を変えることにより、空気中のNO_x等の有害物質を除去し清浄な空気を得るフィルターとしても応用できる。

(5) その他用途

化学品製造、排ガス処理等に見られる気液接触方式の製法、処理法の効率化用途に、「ヒューセル」の形状を応用した担体等の使用が可能と思われる。

5. おわりに

情報処理産業等のハイテク関連の産業は、今後更なる成長を迎え、また我々の周りでも気密性の高い住宅の増加や、高性能電子機器等が普及し、産業環境、生活環境において、加湿器の必要性はますます高まり、ユーザーの要求も多種多様になっていくことと思われる。

本製品も急速に需要が伸びてきており、今後もユーザー各位のご要求、ご要望にお応えできるよう更なる努力をしていく所存である。

筆者紹介



大角 洋樹

工業製品事業部 ハニクル事業開発部



谷口 隆志

鶴見研究所 MD部門 環境分野