



エレメント(特許第3040371号)は、小さな「 $\Delta T$ 」でも巨大な「 $dQ$ 」を可能とし、①「環境に無害且つ無限の“太陽/宇宙放熱エネルギー”」の活用技術の促進、②「石炭・石油」や「原子力・核融合」等における高効率熱交換器の提供、③当該製造・利用技術の確立等々、を通じて“新しい産業創出と就労人口の拡大”の可能性を有しております。

《技術的背景》

これまでに、**写真2**に示す金属剛体内部に多数の円滑な並列細孔流路から成る、『**マルチチューブ型層流式流量センサー(特許第3377574号)**』を開発し、東京女子医科大学、(株)デンソー、(株)本田技術研究所等に納品して来ました。当該技術を熱交換エレメントに発展させたものが、「**マルチチューブ型熱交換エレメント**」で、**図1**に示す如く、金属や樹脂体内部に多数の蓮根状流路を並行あるいは縄状に製造する技術で、当該技術は、日本の国を豊かにする基幹技術として——「物質・材料技術」や「先進的ものづくり」に合致し、低い温度差での大量熱交換を可能とする“MT型熱交換エレメント”は、「エネルギー」、「循環型社会システム技術」、「地球温暖化対策技術」の課題に対応していると考えます。

単位時間当たりの伝達熱量「 $dQ$ 」は、熱交換面積(断面積)を「 $A$ 」、温度差を「 $\Delta T$ 」とすると、

$$「dQ = C \cdot A \cdot \Delta T」 \dots (1)$$

で表されます。式中の「 $C$ 」は、熱伝導では「 $C = \lambda$  (熱伝導率  $W/m \cdot k$ ) /  $\delta$  (距離  $m$ )」、熱伝達では「 $C = h$  (熱伝達率  $W/m^2 \cdot k$ )」、熱交換器では「 $C = k$  (熱通過率  $W/m^2 \cdot k$ )」で与えられます。なお、「 $C$ 」は熱交換材料や構造等々によりほぼ固有の値を有し、大幅改善が困難であるのに対して、**式(1)**より明らかな如く、「 $A$ 」を大幅増加出来れば、従来概念を越える熱交換器を提供可能で有る事が明確です。

これを実現する一つの方法として、**写真2**に示す、「マルチチューブ型層流式流量センサー(特許第3377574号)」用の“平滑内壁の流路”構造を、**写真3**に示すごとく、金属剛体内部に、螺旋(らせん)内壁を有する内径[現状技術]50( $\mu m$ )に至る、多数の細孔流路を蓮根状構成する熱交換エレメントを考案(特許第3040371号)しました。

なお、『**熱交換**』の形態には、(イ) **内部熱交換** {=金属等の構造体の発熱・吸熱による流路への熱供給}、(ロ) **相互熱交換** {=流路間での熱交換}、(ハ) **外部熱交換** {=外部熱源(冷却源)とエレメント(流路)との熱交換}の三種類があります。流路構造を「マルチチューブ」化しますと、電磁誘導等による「(イ)」や「(ロ)」の場合は、熱交換面積の増大に比例して、熱交換性能は向上します。しかし、「(ハ)」の場合は、平行流路に構造では熱源に近い領域では増加しますが、その背後は、均等熱交換を行なう事は困難で、熱交換性能効果には限界があります。これを越える構造体が、**図1**に示す——「縄状マルチチューブ型熱交換エレメント」で、流れ方向で、必ず、流路は熱源に近接するため、均質で高性能の熱交換が可能と成ります。

例えば、単管内径を $\phi D$ 、長さを $H$ とし、MT型の細孔流路内径を $\phi d$ 、流路数を $n$ 、長さを $h$ とすると、同じ流路面積の両者の関係は「 $D^2 = n \cdot d^2$ —— (2)」で表される。単管に対するMT型の内壁面積の比 $R$ は、「 $R = n \cdot (d/D) \cdot (h/H)$ —— (3)」と成る。式(2)より $n$ を求めて式(3)に代入すると「 $R = (D/d) \cdot (h/H)$ —— (4)」の関係が得られる。例えば、「 $h=H$ で、 $\phi D=10(mm)$ の単管」に等価な「 $\phi d=10(\mu m)$ の細孔流路を有するMT型」の内壁表面積は、「 $R=10/0.01=1000$ 」倍と成る。逆に、この状態で、 $h=1(m)$ のMT型と同一表面積を有する「 $\phi D=10(mm)$ の単管」の等価長さは「 $H=1000(m)$ 」と成ります。このような大きな表面積を有するMT型エレメントを発熱金属(あるいは、縄状)で製造した場合

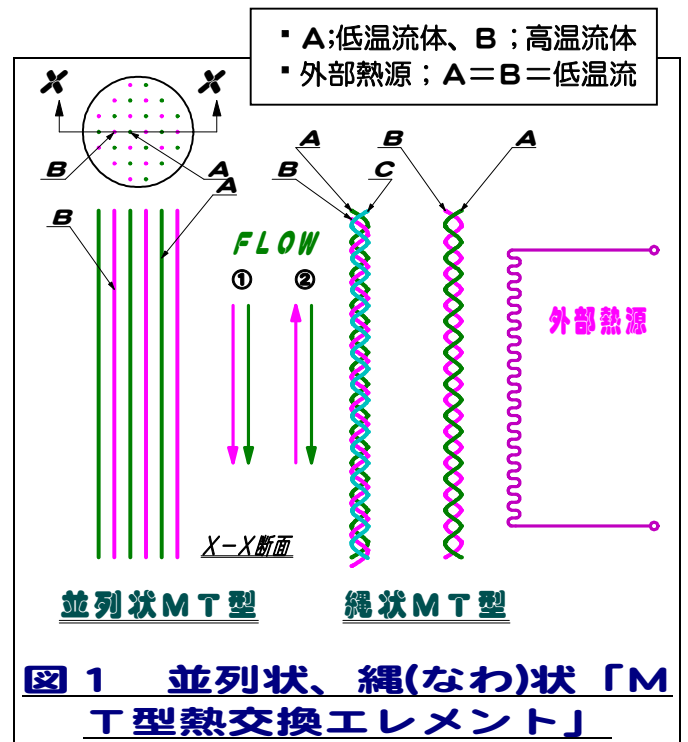


図1 並列状、縄(なわ)状「MT型熱交換エレメント」

は、同じ「 $\Delta T$ 」の場合は1000倍の大容量熱交換を、また同じ $(dQ/dt)$ の場合は「 $\Delta T \geq 1/1000$ での熱交換を可能」{従来は、部屋温度を25(°C)に加温する場合、800(°C)のニクロム線ヒータ等により行なっていたのが、25(°C)近傍で行なえる意味}とする。「平成10年度中小企業総合事業団委託調査研究」により、銅、SUS316、チタン製「MT型エレメント」の焼結製造限界を試作探求し、写真3に示す『外径 $\phi$ 23(mm) × h500(mm)の銅製エレメント(内径 $\phi$ d=1.5(mm) × 19本の螺旋内壁流路)』を用いた試作熱交換器により“20(kW)以上の熱交換能力”を実証しました。

上述の「大容量・高効率熱交換」、金属剛体としての優れた「耐圧性能・耐熱疲労・剛性」のみならず、「従来は、流体出口温度を最終制御温度」として管理するため、流体停止時の温度管理が極めて困難であるのに反して、MT型は「流量=ゼロでの熱交換制御が可能」で、『熱交換器の壁面や外周部内面温度を最終制御温度として管理』すれば、流体停止時等、流量如何に関らず温度管理可能で、ガソリン等の燃料、潤滑油や食用油を始め、エポキシ樹脂等の高粘度流体の加熱保温時も、「局所的な過剰加熱を生じない( $\Delta T \approx$ ゼロの熱交換器)」、すなわち、熱変性を招かない熱交換が確認された。

### ＜＜国内外の研究の動向及び国際的意義＞＞

熱交換エレメントの流路内径を、1975年時の「 $\phi$ 9.5(mm)」から、最近の「 $\phi$ 7」とする事により、約2.5倍の熱交換性能の向上 {内海正人“ヒートポンプの高効率化を支える各種要素技術の動向” P. 40、OHM(特集;ヒートポンプの最新技術動向)2002/03号、(株)オーム社} が図られており、流路内径の細孔化による熱交換性能の向上の方向性は、本提案と一致している。一方、本提案は、将来的には、熱交換流路の細孔化を現状の「1/140」の50( $\mu$ m)以下に図る事を可能とする、革新技術である。

また、平成12年度課題対応技術革新促進事業(中小企業総合事業団)として遂行された、「高効率伝熱管(受託企業 (株)西山製作所){SBI R成果事例集(中小企業総合事業団)、平成14年11月、P. 22}では、管の絞り・引抜技術で、異型管や単管中に細管を挿入して熱交換面積向上を図る技術が紹介されているが、この方向性も、「マルチチューブ型熱交換技術」と一致する。しかし、上述の技術による性能向上には、何れも性能限界があり、MT型技術の目指す——『従来熱交換器の1,000倍以上』の性能を得る事は困難です。

しかし、図1のように、MT型エレメントを一体製造する焼結技術(特許第3040371号)を始め、外部熱源に対して等価熱交換距離を有する——「縄状/網状構成された樹脂製/金属製エレメント圧延(鍛造)製造法(特許第3993770号)や、図1に示すFLOW①、②の対抗流熱交換を可能とする「複数細管による金属製エレメント鑄造法(特出願番号2000-26223)」、そして、革新的な焼結技術による製造法(特許出願予定)等々は、世界初めての革新的技術であり、諸外国に類似技術が存在しません。

『熱交換技術』は、人類生存に不可欠な、基本的な工学要素技術で有り、MT型エレメントによる“「流量=ゼロ」での温度制御・超小型・大容量・高耐圧・高剛性・温度差ゼロ (=熱変性無しの) 熱交換”等々の性能は、熱交換分野の省エネルギー、自然冷媒熱交換器、CO<sub>2</sub>削減に大きく貢献すると共に、当該製造技術の創成を始め、新しい適用技術を創出し、日本の工業を活性化し、世界に貢献すると考えます。

殊に、「温度差 $\approx$ ゼロ」や「流量=ゼロ」での熱交換は、従来は利用困難であった「核廃棄物の発生熱や太陽熱/宇宙空間放熱エネルギー」等の低温度差エネルギーの直接利用技術等を促進させ、社会性、工学性、汎用性、環境性、産業創出の観点からも極めて有意義と判断されます。

### ＜＜マルチチューブ型熱交換技術の評価＞＞

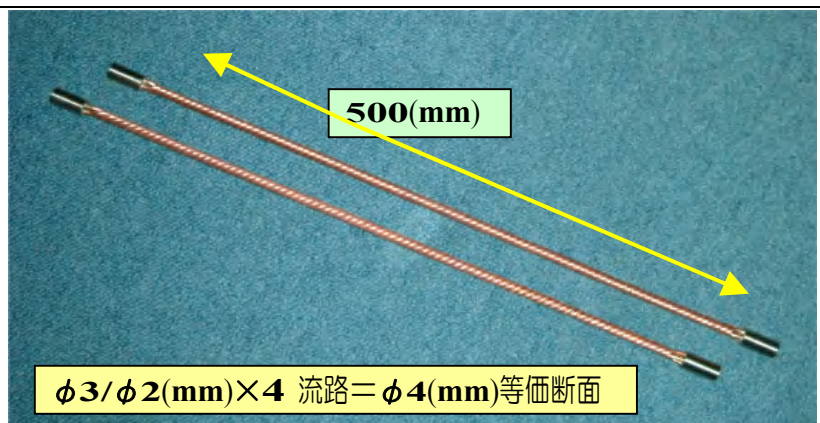
「マルチチューブ型熱交換器」技術の応用範囲が極めて多岐に渡る背景から、「(株)技術開発総合研究所」単独での商品化や展開は困難と考え、広範な国内企業との連携により進捗させた方が、日本の将来展望から有益と判断し、日本の技術評価レベルを調べる「イタズラ心」で、添付の——平成12年の『ミレミアムプロジェクト「革新的な技術開発の提案公募」』、『平成15年度独創的革新技術開発研究の提案公募』等に応募した。何れの場合も、ヒアリング対象技術に選択されたが、(1)未来技術に対する公募にも関わらず、「製造技術の確立が鍵」や「商業化の目処が見えない」等々の『実現性に劣る』との評価により、採択率(3.7%)不採択、(2)流体の大学の先生が評価委員で有るにも関わらず、「～論旨に疑問な部分有り。理論中心で実績が見えない。」や、「入力エネルギーの損失大。圧力降下大。」の間違った評価により、採択率(5.5%)

に残れなかった。これらの応募を通じて、日本の評価委員のレベルが『独創技術』を、自ら産み出す能力に欠如しているのみならず、基礎素養にも欠けており、理論構築出来ないばかりか、『独創技術』評価が出来るか否かを考えないままに、評価している現実を憂いた次第で有る。

また、経済産業省においては、『技術評価』できる人が存在しない現実、失望を感じた。

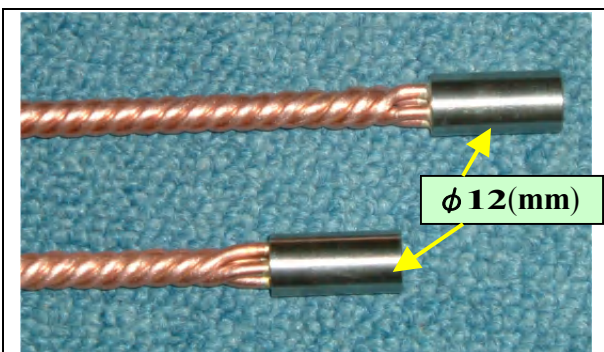
### 《試作品の概要》

**写真4**に、試作品の——「縄状マルチチューブ型熱交換エレメント」の外観を示す。「縄状エレメント」の長さは、「 $L=500(\text{mm})$ 」で、“ $\phi 2(\text{mm})$ の流路 $\times 4$ 本”で構成され、単管等価断面積は“ $\phi 4(\text{mm})$ ”であるが、等価圧損は「 $\leq \phi 3(\text{mm})$ 」程度と考えて下さい。{ $\div \phi 4(\text{mm})$ 〔内径〕単管の凡そ「 $\leq 6$ 倍」の熱交換性能}



**写真4** 試作品——「縄状MT型熱交換エレメント」

**写真5**に示すように、配管ジョイントは「 $\phi 12(\text{mm})$ 」で、耐圧性能として、最高管内圧力 $\leq 20(\text{MPa})$  {= $\text{SUS}304$ 等のステンレスの場合} を考えております。



**写真5** 試作品の配管部

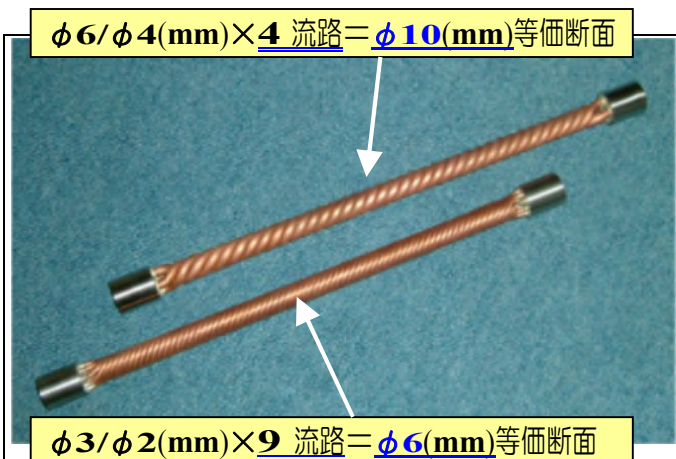
また、**写真6**には、製造例として、① “ $\phi 6(\text{mm})$ 〔外径〕/ $\phi 4(\text{mm})$ 〔内径〕の流路 $\times 4$ 本”で構成され、単管等価断面積は“ $\phi 10(\text{mm})$ ”仕様のもの { $\div \phi 10(\text{mm})$ 〔内径〕単管の凡そ「 $\leq 6$ 倍」の熱交換性能} と、② “ $\phi 3(\text{mm})$ 〔外径〕/ $\phi 2(\text{mm})$ 〔内径〕の流路 $\times 9$ 本”で構成され、単管等価断面積は“ $\phi 6(\text{mm})$ ”仕様のもの { $\div \phi 6(\text{mm})$ 〔内径〕単管の凡そ「 $\leq 9$ 倍」の熱交換性能} を示します。

### 《今後の展開》

「マルチチューブ型熱交換器」の特許【特許第3993770号】は、“流路を縄(なわ)状あるいは網(あみ)状に編む”事で取得されています。

すなわち、ここでご紹介した——『縄(なわ)状熱交換エレメント』の他に、“餅を焼く網”のような——『網(あみ)状熱交換エレメント』 { $\div$ 既存の“プレート型熱交換器”に立体的な流路が設けられている構造}より構成されています。

現在、特許技術の総てが完成した訳では有りませんが、これらの熱交換エレメントの対象分野は、(i) 製造技術分野 {素材(エレメント)製造技術} ~ (ii) 社会基盤分野 {火力発電所、原子力発電所、地域冷暖房} ~ (iii) 一般産業分野 {冷暖房、冷凍・加熱、放熱} ~ (iv) 住宅・家庭分野 {冷暖房、蓄熱、温水、ヒートポンプ} ~ (v) 自動車・輸送分野 {放熱(ラジエーター)、冷暖房} ~ (vi) 農業・建設分野 {自然エネルギー蓄熱、冷暖房} と極めて広く、日本の産業の活性化にも、大きく貢献出来る可能性を有しています。今後、共同展開会社を募ると共に、「榎本工業(株) {茨城県土浦市}」様と共同にて、ユーザー様の必要とされる『縄状熱交換エレメント』を提供して参りたいと存じます。



**写真6** 試作品——縄状熱交換エレメントの例

FROM 本望 行雄 {(株)技術開発総合研究所} ——「y-hommoh@advanced-techno-future.com」

株式会社技術開発総合研究所  
本望行雄 殿

事務連絡  
平成12年7月  
科学技術庁

ミレニアムプロジェクト「革新的な技術開発の提案公募」の審査結果について

時下ますます御清祥のこととお慶び申し上げます。

ミレニアムプロジェクト「革新的な技術開発の提案公募」につきましては、御提案を頂き、ありがとうございました。このプロジェクトには、貴提案を含めて総計2,100件の提案が寄せられました。その中から厳正な審査の結果、最終的に77件が採択されることとなりました。

提案の審査は、「社会性・市場性」「技術革新性・実現可能性」の2つの観点から実施されました。「社会性・市場性」に関する審査は、21世紀のわが国の経済社会に明るい夢と希望をもたらす技術開発であるか、また次代の産業の未来を切り拓く技術開発であるか、という観点からなされました。また、「技術革新性・実現可能性」に関する審査は、革新性の高い技術開発であるか、また技術的に達成する可能性の高い技術開発であるか、という観点からなされました。

科学技術会議に設置された革新技術審査委員会における審査において、貴提案

(課題名) マルチチューブ(r)型乱流熱伝達式熱交換エレメントの応用技術開発

については全体的に高い評価がなされたものの、ヒアリングの結果、市場性及び実現可能性について他の提案と比較して評価が十分高くなかったため、残念ながら不採択となりました。なお、貴提案について、審査委員からは「製造技術の確立が鍵。」「提案されたエレメントの製造加工技術が実用的なコストで自在の大きさでできるならば市場性あり。」「商業化の目途が見えない。」「成果が効果をあげる局面がまだ限られている。広まれば面白い。」とのコメントがありました。

今回は残念な結果でしたが、提案者各位の創造力・技術力が今後のわが国の未来を切り拓く力となることを望んでやみません。本プロジェクトにご参加頂きましたことを重ねて感謝申し上げます。

(事務連絡先)

〒100-0014 東京都千代田区永田町1-11-39  
永田町合同庁舎5階  
科学技術庁「革新的な技術開発」提案公募係  
Tel : 03-3581-3444 Fax : 03-3581-4422  
E-mail : millenni@sta. go. jp

d-179

応募総数=2100件の中で、200件のヒアリング対象技術に選ばれたが、  
主として、『実現性に劣る』との評価で採択されなかった。

事務連絡

平成15年8月5日

株式会社技術開発総合研究所 R  
代表取締役所長 本望 行雄 殿

革新技術活性化委員会事務局

平成15年度独創的革新技術開発研究の提案公募の審査結果について

拝啓 時下益々御清祥のこととお慶び申し上げます。

さて、平成15年度独創的革新技術開発研究の提案公募につきましては、貴申請を含めまして、合計622件の応募が寄せられ、革新技術活性化委員会において厳正なる審査の結果、最終的に34件が採択されることとなりました。

貴殿の申請課題「蓮根状流路を有する「マルチチューブR型熱交換エレメント」の開発」(C-071)につきましては、全体的に高い評価がなされたものの、第2次審査（ヒアリング審査）の結果、評価が他の申請と比較して高いものではなかったため、残念ながら不採択となりました。

なお、貴殿の申請については、審査委員から下記のとおりコメントがありました。

今回は残念な結果となりましたが、貴殿の創造力、技術力が我が国の次代の産業の未来を切り拓く力となることを願ってやみません。

本提案公募に御応募いただきましてありがとうございました。

#### 記

委員コメント：省エネ技術として重要であるが論旨に疑問な部分有り。理論中心で実績が見えない。入力エネルギーの損失大。圧力降下大。製造コスト不明。ただ、社会的ニーズは莫大なものであろう。計画が曖昧で具体性なし。目的を絞り込んでおらず、研究に思い込みが強すぎる。課題が盛り沢山でアイデア倒れになる恐れがある。技術目標が多すぎる。実現可能な目標に絞ってはどうか。「MT 型熱交換エレメント」の製造技術の確立を重点的に行うのがよい。

応募総数＝622件の中で、ヒアリング対象技術に選ばれたが、  
『流路圧損が大きい』との大学の流体専門の評価委員の間違った考えによる評価等で、  
採択枠の「34件」に採択されなかった。

