

## 山浦逸雄

目的別テーマ：繊維系材料によるバイオミメティクス機能開発

### 15年度研究テーマ

15-3-5：活性炭素繊維の高効率通電加熱再生法

### ABSTRACT

*The activated carbon fiber (ACF) is widely used for solvent recovery system because of its high performance adsorbent property. In this system water vapor is presently needed for desorption of absorbed materials in ACF. Collection of desorption substances from the water and the use of water vapor make the running cost very high. Therefore, development of the solvent recovery system without using water is expected. ACF is made of carbon, and has electric conductivity. Self-heating of ACF by electric current might resolve the problems. Further, this method remarkably increases the heating efficiency. Because self-heating doesn't depend on heat conduction. Generally, electrodes are applied to the ACF sheet to energize the sheet. The sheet is heated and becomes warm. Concurrently, heat loss arises in the electrodes. This factor makes the heating efficiency low. To obtain high efficiency we make electrodes resistance remarkably low compared with the sheet resistance. On the point of electrode materials decreasing electrode resistance and its temperature dependence, several kinds of metals were selected as experimental materials, and electrode resistance was measured. As the result of experiments, it is concluded that brass is the most suitable material for the electrodes of ACF self-heating system.*

### 研究目的

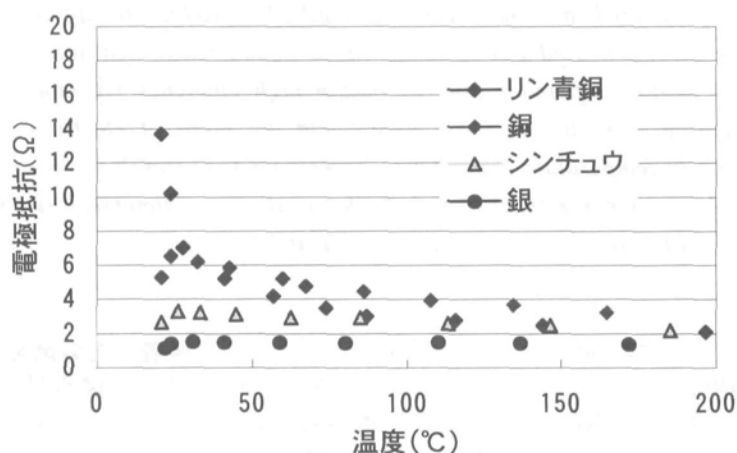
活性炭素繊維（ACF）は溶剤回収に広く用いられている。ACF に吸着した溶剤を回収するには、水蒸気や熱風を ACF に適用し、熱によって吸着物質を脱着させ、ACF の再生を図るが、これらには、装置の大規模化、効率が低いなどの問題点がある。特に水蒸気を用いた方法では、溶剤は水と一緒に回収されるので、水から分離するのにコストがかかるほか、厳しい水管理が必要である。このため、水を用いず、しかも高効率で溶剤や VOC を回収できる低廉なシステムの構築が望まれている。本研究は、ACF の素材は炭素であることに着目し、ACF に直接電流を流すことによって脱着温度まで加熱し吸着物質の回収を図ろうとするものである。このようなアイディアは以前からあったが実用に至っていない。その理由は、ACF の通電に際しホットスポットの発生、ショートパスの形成等の現象が起り、シート状に形成加工された ACF を一様に加熱することが困難であったこと、また通電用電極の ACF との接触部における接触抵抗も ACF に比べてかなり高く、ここでの損失が大きく、高効率加熱も困難であったことによる。

本研究は、ACF の高効率通電加熱を可能とすることを目的とし、上述の問題の解決を図るものである。従来の研究から、ホットスポットとショートパスの問題に関しては、ACF 加熱部と電極部の抵抗比を大きくすること、また、電極部には圧力を掛け、電極板と ACF との接触を一様にするのと同時に電極部の抵抗を低減することが、高効率加熱の実現を図る方法であることが導かれてきた。ACF に取り付け通電用電極として用いる電極板には、機械的な観点から靱性に富むリン青銅が試用されてきたが、これを電極として用いると、電極抵抗の温度による変化がかなり大きいことと、溶剤の脱着温度である 100～150℃で酸化を起こすことがわかり、実用に不適であることが分かった。このため、ACF 通電加熱用として有効な電極材料を実験によって探索することを本年度の研究課題とした。

### 一年間の研究内容と成果

シート状に加工された ACF フェルトを、2 枚の金属電極板（寸法 3×20 cm<sup>2</sup>）で上下からサンドウィッチ状に挟み電極部を構成した。電極部の締め付け圧は 17.5 gf/cm<sup>2</sup> 一定として実験した。この電極から ACF へ電流を流し、ACF フェルトの温度を常温から 200℃まで加熱し、電極部の抵抗温度特性と電極板の性状変化を調べた。実験した電極材料は、リン青銅、銅、シンチュウ、白銅、銀、アルミニウム、

ニッケル、スズ、ナマリ、亜鉛、ステンレスなどである。代表的な特性を示す電極材料による電極抵抗の温度特性を図に示す。温度対電極抵抗の特性カーブは2つのカテゴリーに分けられた。一つはリン青銅タイプの温度上昇に対して指数関数的に電極抵抗が急激に減少するもので、もう一つは温度上昇に対して電極抵抗は多少減少傾向にあるが、それほど変化しないものである。前者の材料としては、リン青銅をはじめとしてアルミニウム、ステンレス、ニッケル、鉛であった。後者の材料としては、銅、シンチュウ、白銅、銀、スズ、亜鉛であった。電極抵抗がなるべく低いことが電極条件としては望ましい。この観点からみると、銀が一番良好な結果を示し、常温から170℃付近までの測定で約1.5 Ωとほぼ一定であった。以上の結果から、電極特性に一番優れるのは銀であることが分かったが、材料コストの観点からは不向きである。また、硫化に弱い。シンチュウは銀には及ばないが2 Ωと低い値を示し、しかも常温から値がそれほど変化しないことから、脱着時のエレメント電流の制御にも好適である。また、リン青銅のような酸化もみられなかった。リン青銅タイプでは常温時の電極抵抗は高いが、エレメントの運転温度ともなると電極抵抗はシンチュウと同じ低い値になるので、このタイプを採用することも不可能ではない。しかし、エレメントの電流制御はフェルトの温度によって調節せねばならないため、シンチュウタイプよりは面倒になる。シンチュウの靱性はリン青銅には及ばないが銅や銀より大きいので、機械的特性もほかより優れる。最終結論として、電極抵抗の温度特性、機械的特性、材料コスト、化学的安定性などの観点から、本研究の実用目的に対しては、実験した材料のうち電極材料として最も適しているのはシンチュウと考えられた。



電極抵抗の温度依存性

## 展望

電極材料としてシンチュウが電氣的にも、機械的にも、化学的にも安定に動作するということがわかったので、これを ACF シートに取り付ける電極材料とし、ACF の高効率加熱を目指す。加熱効率は電極における損失と ACF シートの加熱部でのエネルギー消費の比で決まる。すなわち、電極部での発熱が小さければ小さいほど効率は高くなる。また、電極部での発熱が小さいことがホットスポットの発生やショートパス形成の抑制につながる。電極部での損失割合を全体に対して単に少なくするだけでなく、電極部の大きさを一定にして ACF シートの加熱部の長さを極端に長くすればよい。しかし、実際の溶剤回収装置では ACF の収納スペースに限りがあるので、むやみに長くすることはできない。限られたサイズで高効率化を目指すさねばならない。一般に電極抵抗は ACF シートの抵抗と比較するとかなり高くなるので、著しい低減が必要である。電極部に荷重負荷をかけることにより、単なる接触より1桁以上の低減は可能である。しかし、荷重にも限度があり、ある範囲を超えると低減効果は飽和する。また、繊維に機械的負荷を掛けるので、機械的損傷を起こすことも懸念される。このような限界条件のもとでさらに高効率化を図るためには、導電性塗料を電極板と ACF の間に介在させる方法が考えられる。さらに、ACF シートの中にも塗料を含浸させ、空間的に電流通路を増すことも重要である。以上のような工夫により、実用的なシートのサイズ（長さ方向：70 cm）において、電極部のロスを全体の数%以内に抑えることが可能になると考えられる。これによって、従来なかった ACF の高効率再生化が図られ経済的な溶剤回収装置の開発が可能となる。また、従来の水蒸気を必要としたシステムが水を用いなくてもよくなり、しかも電子的なものとなるので、一般民生機器への応用も簡単になり、手軽なところで環境浄化、大気の保全に貢献できるようになると期待される。