

工業加熱

INDUSTRIAL HEATING

2020/7 VOL.57 NO.4

通巻340号 隔月刊・奇数月発行

特集アーカイブ

- サブプライムに負けるな
- バッチ炉の熱計算
～非定常計算から熱収支まで～
- 熱電変換モジュールによる廃熱利用
- 酸化物熱電変換材料による温度差を利用した
発電技術
- 事件事例研究に基づく燃焼安全のガイド (2)

工業加熱 57 巻 4 号(2020/7 月号)をお届けします 1

特集「アーカイブ」

※ 所属は出版当時

サブプライムに負けるな 政策研究大学院大学 橋本 久義 ... 3

技術解説

バッチ炉の熱計算 ～非定常計算から熱収支まで～

..... 株式会社 TOKAI 樋口 晴彦 ... 11

熱電変換モジュールによる廃熱利用

..... 株式会社 KELK 八馬 弘邦 ... 19

酸化物熱電変換材料による温度差を利用した発電技術

..... 昭和電線ケーブルシステム株式会社 箕輪 昌啓 ... 26

事件事例研究に基づく燃焼安全のガイド (2)

..... (社)日本工業炉協会 燃焼機器委員会 ... 32

健康情報 熱中症の概要とパーソナルクーラーについて ～2020年版～

..... 興研株式会社 石川 健彦 ... 49

令和2年度の熱中症予防行動 環境省・厚生労働省 ... 53

閑話休題 電波ウイルスにご注意！ 前田 章雄 ... 54

連絡 記事募集のご案内 58

協会通信 60

バッチ炉の熱計算

～ 非定常計算から熱収支まで ～

樋口 晴彦 *

概要

バッチ炉の新設又は改造の際、バーナの選定や炉材の選択のため熱計算が求められる。しかし、これまで非定常温度分布の計算が面倒なため、定常状態の何パーセントというような経験的な熱計算が多くの場合用いられてきた。Schmidt に代表される図式解法もあるが手間がかかりすぎ、また、炉壁が多重層の場合、事実上解くことができない。炉の内側から耐火れんが、断熱れんが、断熱材という炉壁構成が一般的かつ経済的であり、手計算で温度分布の経時変化を解くことは困難である。

本報では、この計算をパソコンで行い、更に一定時間ごとに熱収支を計算するアプリケーションソフトについて述べる。この計算により、バーナの能力の選定、炉材の選択、排熱回収の投資効果などを数学的に明らかにすることができる。

1. 熱収支 (図1)

(1) 入出力

入力側は、燃料の燃焼熱量と熱回収した場合の回収熱量だけである。出力側は、製品の蓄熱量、炉体蓄熱量、炉壁からの放散熱量、そして、排ガスの熱量の合計となる。

$$Q_f + Q_r = Q_m + Q_s + Q_l + Q_e + Q_r \quad (\text{eq-1})$$

(2) 非定常計算

あるモデルを設定し、 Q_m 、 Q_s 、 Q_l の非定常計算を行う。(後述)

(3) 燃料消費量

ある時刻の燃料消費量 q_f (kg/h) は、次のようになる。

$$q_f (\text{kg/h}) = Q_f (\text{kcal/h}) / I_f (\text{kcal/kg}) \quad (\text{eq-2})$$

I_f ; この燃料の低発熱量

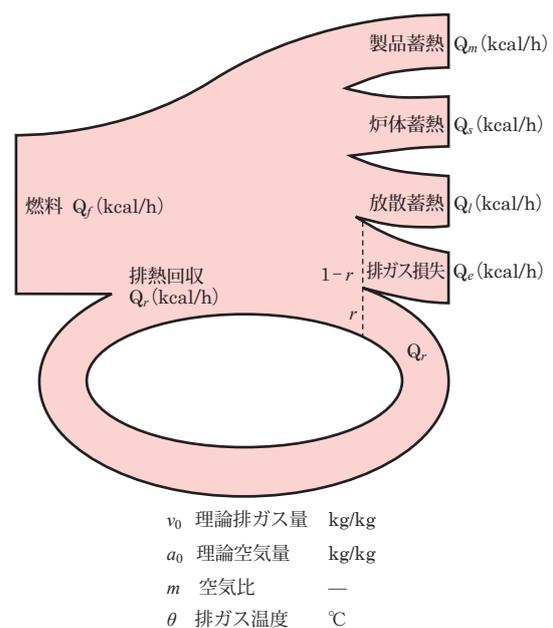


図1 熱収支

* 株式会社 TOKAI 社長室次長 兼 株式会社ビック東海 取締役 H.Higuchi (1989年1月出版当時)

熱電変換モジュールによる廃熱利用

八馬 弘 邦*

1. はじめに

近年、エネルギーへの意識の高まりと共に、工場やエンジンなどの廃熱から電力を回収しようという試みが盛んになっている。通常、熱を電気へと変換するには、高温高压蒸気を作りタービンを回し、電磁誘導によって発電する。逆に電気から熱への変換は、圧縮機を回して液化させた冷媒が気化するときの潜熱を利用して冷却する。これらは熱エネルギーと電気エネルギーとの変換に運動エネルギーを介している。熱電変換は、熱と電気を直接的に変換する、材料の電子物性を用いた一種の熱機関である。

廃熱回収への期待はあるものの、現在の熱電変換の主な用途は、冷却・温調である。そのデバイスはペルチェ素子として一般に知られ、研究・産業から民生用途まで様々な分野で使われている。全く同じ製品が、逆作用として温度差から発電できるが、その用途はまだ極めて特殊な事例に止まっている。本稿では、熱電変換の概要から廃熱回収の適用例までを解説し、最後に廃熱による熱電発電の将来見通しを示す。

2. 熱電変換とは

熱電変換とは「熱を、直接電気に変える」及び「電

気を、直接熱に変える」という意味が込められている。両者は、基本的に同じ原理であり、同じ構造で逆の作用をするものができる。

熱電変換を行なうデバイスに関して標準的な規格はない。その名前もペルチェ素子、サーモモジュール、電子冷凍素子、TEC(Thermoelectric Cooler)など使う人や対象によっていろいろな名前が付けられている。写真1に各種の熱電モジュールを示す。様々な用途に合わせ、形状や性能が様々であることがわかる。現在その市場は、ほぼ全てが冷却及び温度調整用である。

熱電変換の効果は、それぞれ、その発見者の名前から、熱を電気に変換する働きをゼーバック効果、電気を熱に変換する働きをペルチェ効果とい

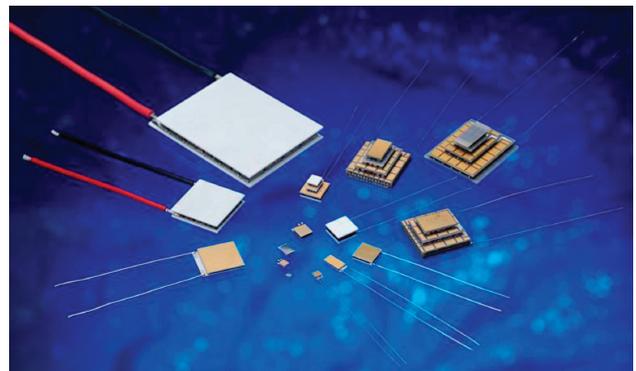


写真1 各種の熱電モジュール

* 株式会社 KELK 取締役 熱電発電事業室長 H.Hachiuma (2013年7月出版当時)

酸化物熱電変換材料による温度差を利用した発電技術

箕輪 昌啓*

概要

熱電発電は活用されていない廃熱から温度差を利用して直接電力を得ることが出来る、環境にやさしい新エネルギーである。本稿では未だ一般に知られているとは言い難い熱電発電の原理を解説し、弊社での検討結果を中心に 600℃を越える高温環境でも使用可能な酸化物熱電変換素子の押出製法による量産プロセス、および、これを用いた熱電発電モジュールの開発状況を紹介します。さらに稼動中 850℃雰囲気工業炉を利用した実証試験の結果と熱電発電のシステム化に向けた今後の課題について解説する。

1. はじめに

環境問題として地球温暖化対策はいまやグローバルな課題として認知されている。更に日本では公平かつ実効的な国際的枠組みの構築を前提に、1990年比で、2020年までに自国の温室効果ガス排出量の25%削減を目指すという野心的な目標を掲げている。

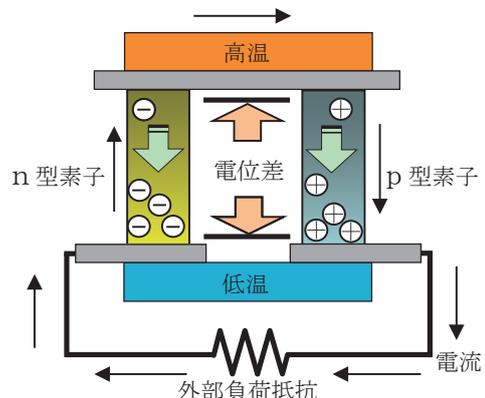
温室効果ガスの削減対策には太陽光発電や風力発電といった自然エネルギーを利用した発電方法がそのソリューションとして提案され、実用化されている。しかし、首記の大きな目標に対しては新たなコンセプトの対策もまた望まれるであろう。そのような中で熱電発電は活用されていない廃熱から電気エネルギーを直接取り出すことのできる点が非常にユニークであり、環境にやさしい新エネルギーとして注目を集めている。

2. 熱電発電の原理

ある種の材料の両端に温度差をつけると温度差に応じた大きさの電位差がその材料の両端に生じ

る。この現象はゼーベック効果と呼ばれている。ゼーベック効果の大きさは材料の種類により大きく異なるが、ビスマス・テルル系に代表される金属系の材料が代表的な物質として知られている。熱電発電とはこのようなゼーベック効果を有する材料（熱電変換材料）に温度差を付与し、材料そのものに生じる電位差から電力を得る発電方法である。

熱電変換材料は温度差が生じたときの電位差の向きにより、n型とp型の2種類に分類される。n型の熱電変換材料の片端に熱を加えると、温度が高い部分で伝導電子のエネルギーが高くなり、温度が低い部分に伝導電子が移動し材料内で電位差が生じて、熱起電力が発生する。一方、p型の熱電変換材料は正電荷を帯びた正孔が温度の高い部分から低い部分に移動することで熱起電力が発生する。よって、図1に示すようにn型の熱電変換材料とp型の熱電変換材料を直列に接続することにより電流が流れ、これを外部に取り出すことで発電機の働きを発現する。



両端に温度差ができると、ゼーベック効果により熱起電力が生じる。
1対の起電力は小さいため直列に接続し対数を増やし、出力を増やす。

図1 熱電変換の模式図

* 昭和電線ケーブルシステム株式会社 技術開発センター 新商品開発グループ グループ長 M.Minowa (2010年3月出版当時)



事故事例研究に基づく 燃焼安全のガイド(2)

(社)日本工業炉協会 燃焼機器委員会

6. 燃焼設備の爆発事故例

燃焼設備での爆発事故は、機器やプラントの損壊ばかりか、尊い人命にかかわる大事である。また、それに伴う操業の停止やプラントの修復など、その経済的損失も莫大なものである。事故を起こしてはならない。そのための燃焼安全の正しい理解に基づく安全設備の計画・施工・保守・管理は徹底されなければならないし、正しい操作についての不断の教育がなされることが肝要である。

6.1 燃焼設備の爆発事故例

実際の爆発事故例を運転操作の段階ごとに整理して末尾に収録した。詳しくは事故事例集をご覧いただくとして、これらの事故内容をかいつまんで紹介する。

(1) プレパージ不足による爆発事故

プレパージ不足による爆発事故が4例収録されている。

プレパージの目的は、点火前に炉内に醸成されている可燃性混合気を排出して新鮮な空気と置換することを目的として行うものであるが、これらの事故は、送風機は運転していたものの、煙突が詰まっていたり、ダンパが閉まっていた、炉内に燃料油がたまっていた、パイロットバーナの繰り返し点火のために燃料ガスが炉内に充満した、などによって起きたものである。

(2) パイロットバーナ点火時の爆発事故

前項に、プレパージしたつものものが、パージできていなかったために点火時に爆発した例を収録したが、この項では燃料弁が誤操作や誤動作のために開いていたために、プレパージ中も燃料が継続して炉内に噴射し、パイロットバーナの点火と同時に爆発した例を14例収録している。ことに、手動操作と称して、パイロットバーナの点火や主バーナの遮断弁を容易に開くことのできるインタロックのバイパススイッチを設けている例で、これらのスイッチの誤操作での爆発事故が多発している。インタロックのバイパスは設けないこと、これがフルプールの原則である。

(3) 主バーナ着火時の爆発事故

パイロットバーナに点火してから主バーナに着火しようとしたとき、爆発した例が8例収録されている。

主バーナに着火しようとしたときの爆発のほとんどは着火遅れのために、燃料が炉内に充満することに起因する。着火遅れは、パイロットバーナの火炎が短いとき、燃料が多量に供給されたとき、主バーナの噴霧媒体の圧力が過度に高いとき、過度の空気過剰になっているときなどに発生する。

(4) バーナ運転中(燃焼中)の爆発事故

バーナ運転中に爆発した事例16例が収録されているが、総じて運転中の爆発事故は、通風系統や燃料供給系統の不具合によって空燃比が乱れ、極端な空気過剰による吹き消えや、空気不足による立ち消えなどの断火に起因し、火炎監視器の不具合、燃料遮断弁のスティック、インタロックの故意の短絡などにより、断火後も継続して燃料が供給されたことによるものがほとんどである。

(5) 運転(燃焼)停止時の爆発事故

運転停止時の爆発事故が5例収録されている。

運転停止時の爆発は、油燃焼時の霧化不良や不完全燃焼などにより炉壁や炉底に付着たい積した未燃油が、停止時の高温に保持された炉中での蒸発による引火や、停止後の燃料遮断弁の漏れなどに起因する。

(6) 再起動準備中の爆発事故

再起動のために、パイロットバーナ用のプロパンガスボンベを取り替え、コックを開いた直後爆発した例が2例紹介されている。このように、パイロットバーナからのわずかな漏れでも炉温の高い再起動時には爆発することを肝に銘ずべきである。

6.2 爆発事故の原因と発生時期

以上の事故例について、その原因を要約するとともに、発生原因と発生時期について統計整理すると表6.1の一覧表のとおりである。原因については、不良操作が全体の58%を占め、また、その発生時期は起動時に集中し62%に達している。