

微生物系熱測定懇談会報告

(サントリー中研) 占賀 邦正

「微生物系熱測定懇談会」は6月28日午後1時より阪市大・理学部3階の会議室で行なわれました。会場の正面に「何から始めましょうか」という標題のもとに別表の内容が書かれてあるような自由な雰囲気の中で会は始まりました。一昨年のアンケート結果で微生物・生体高分子の熱測定に興味をもっている人が多かったこと、また、昨年には生体高分子に関する熱測定シンポジウムがもたれている経緯があったとはいえ、まず、当日の討論の盛り上がり熱気に少なからず驚ろかされました。基礎的な話題から応用の問題まで、また、よりマクロな立場での意見からよりミクロな立場での主張まで、討論は少しも絶えることなく交され、しかも予定を1時間以上超過するというような状況で懇談会がもたれたのです。

このような有意義な会がもてたのは東京からわざわざおいで下さった藤田先生をはじめ、広島・名古屋からの参加者を含め40人近い方々が積極的に討論に参加して下さい、今かかえている問題や疑問を具体的に議題として出して下さったことによるものと思います。わたしも、当日の懇談会に参加して、微生物系熱測定を進めてゆく上での問題点やこれからの研究の方向などがおぼろげながら理解でき、本当に勉強になった一日でありました。同じような感想をいただき、帰路につかれた方も多いのではないかと思います。この懇談会を機会に、微生物系の熱測定をする人々がさらに増え、微生物系熱測定の進歩に役立つことがあるならば、懇談会を計画した阪府大・高橋先生をはじめわれわれ世話人にとってこれ以上の喜びはありません。

最後になりましたが、気持ちよく会場をお貸し下さった阪市大・藤代先生ならびに藤代研究室の方々から感謝の意を表したいと思います。

以下、当日の模様を、終始、積極的に話題提供して下さい下さった方々のうち、次の4人の方にそれぞれの立場からの御紹介をお願い致しましたので、この熱気ある討論会の模様を誌面よりお汲みとり下さい。

微生物の熱測定懇談会討議議題

何から始めましょうか

1. 微生物系熱測定の歴史、現状。
2. 装置
3. サーモグラムの基礎的性質
 - (イ)生育との対応 (ロ)基質濃度・植菌量の効果

(ハ)基質の種類の影響 (ニ)生育温度の影響

(ヒ)毒物阻害剤の影響

4. 応用的なもの

(イ)食品の腐敗・保存料、貯蔵の問題

(ロ)土壌モデル

(ハ)土壌微生物、活性汚泥

(ニ)発酵工業 (ヒ)生物の運動

5. その他

(イ)エネルギー効率の計算

(ロ)生体の維持エネルギーの評価

微生物系の熱測定はわが国では始まったばかりであり、何でも測ってみようというバイオニヤの研究も大いにすすめなければならないが、微生物学プロパーの中でその存在を主張するにはそろそろ焦点をしぼることも必要であろう。熱測定で得られる情報は濁度、酸素吸収、分光測定等からのものとは当然異なっており、一見同様な結果しか得られないからといって熱測定の必要がないとはいえない。しかし熱測定は一回の測定に時間がかかり、また反応が始まると経過の観察、休止が困難等の欠点もあるので特に有効な分野を選ぶことが望ましい。

有望な領域の第一は複雑な生態系の熱測定である。宮川氏の食品の腐敗、金野氏の土壌の微生物活性等はその例で、個々の反応についてはそれぞれ研究手段があるとしても熱測定一つで複雑な過程を追跡できることは非常に有利であり醸酵工学、環境微生物学への応用が期待される。第二は純粋系における生化学的研究と熱測定の結合である。細胞から種々の物質を抽出し、生化学反応が解析できても最後には生きた細胞でそれを示す必要がある。熱測定はこの点最も適しており、その際各種阻害剤、変異株の使用が有効と思われる。第三は分離や定量の困難な酵素、薬剤の作用機構の解析、定量への応用である。安定したフロー熱量計が開発されれば実用的価値はかなりあると思われる。その他サーモグラムによる微生物の固定、DSCによる菌体成分の測定等すでに報告もあり将来有望と思われるが誌面の都合で省略する。

なお当日データ、文献等を用意しなかったため御質問に対し十分納得いくお答ができなかったことを残念に思っています。(藤田暉通：東大応微研)

微生物反応の制御・培養工学の立場から発熱を考える場合、速度論的にとらえることが必要で、菌の生理を考慮した上で、呼吸・増殖・基質消費の各速度などに対応させて考えなければならない。われわれは顕著な発熱を伴う培養の基礎研究として、エタノール資化性酵母を

とりあげ、以下にその結果の要約を示す。回分培養系における収率、みかけのエンタルピー変化、比発熱速度の時間的变化は、中間体が蓄積することを考慮することにより、増殖速度、基質消費速度をつかって説明できた。連続培養系での比発熱速度は比増殖速度に比例し、また呼吸速度と発熱速度との関係は、回分培養系では直線関係は得られなかったが、連続培養系では、はっきりとした直線関係が得られた。懇談会当日に提供された話題のうち、維持代謝による発熱については、次に示したモデル式で、比発熱速度と比増殖速度をプロットすれば、比発熱速度軸の切片として与えられる。

$$q = \sum r_i (-\Delta H_i) \doteq - \frac{ds}{dt} (-\Delta H_1) + \alpha \frac{dx}{dt} (-\Delta H_2)$$

$$Q_H = q/x = \left(\frac{1}{Y_G} u + m \right) (-\Delta H_1) + \alpha \mu (-\Delta H_2)$$

$$= -m \Delta H_1 + \mu \left\{ \alpha (-\Delta H_2) + \frac{1}{Y_G} (-\Delta H_1) \right\}$$

培養体積が小さい場合の装置の安定性、再現性の話題も提供されたが、フロータイプの熱量計も含めて、系が小さいほど通気、攪拌、流入液温・速度等の外乱がそれぞれ系に対してどの程度の影響を与えているかを把握することが必要となる。それらの外乱を小さくできれば小容量でも安定した系が得られるはずである。このような「容量と外乱とその安定性の問題」も熱測定の1つのテーマとしてとりあげられて良いのではなからうか。

(脇 哲朗：阪大工醸酵工学)

私自身、熱測定を現在研究対象としてはおりませんが、従来から微生物系の熱(エネルギー)に興味を持っており、研究の仲間には是非入っていただくべく、また、この道の専門家の皆様の御話を聞かせていただくべく懇談会に出席した次第です。従って門外漢の感想として御了解ください。

当日は、高橋先生の名司会のもとに、巾広く様々な方面から貴重なデータが披露され大変勉強になりましたが、基礎的な面からの発展および応用的な面での発展をさらに充実させるための問題点・希望を2, 3あげてみます。基礎的な面では、やはりより良い装置の開発という点が重要であると思われ、しかもそれぞれの目的に応じた熱量計の考案ということが必要ではないかと思います。そもそも複雑な反応の集合体としての微生物(系)の熱を何の目的で測定するのかという点、およびマクロなデータとしての熱測定の結果から何を言わんとするのかという点を十分考えることが、熱測定の効用を左右するカギであろうと思われ。その際、どうしてもミクロな分野(生化学、遺伝学等)からの情報が必要であり、これ

らと総合することにより生物反応のより深い解析が可能となると思われませんが、今回は、両者のつなぎの内容が少々希薄であった印象をうけました。理論的な面から、エントロピーミニマムに働くといわれる生物系で、実際にどれくらいのエントロピープロダクションが関与しているかという推定をも行なえないものでしょうか。

応用面では、熱測定を保存や、現場管理の一端として実際に応用する試みは、今後とも有効なものと予想され、また興味深い点でもあります。その際、装置の開発が問題になるとは思われますが、従来の閉鎖系の装置から開放系(または流れ系)の装置の有用性が増すのではないかと想像されます。流れ系における熱力学上の理論展開や、定常状態から遷移状態への移行の問題など新しく開拓すべき点もかなり広がるのではないかと思われました。

(正田 誠：名大農培養工学)

微生物の基礎的な問題は別として複合系に対する熱測定の応用例は非常に少ない現状です。

今回の懇談会では次のような話題が中心となりました。

- 食品の腐敗と保存料との関係を熱測定でみつけようとする試み(大阪女子学園短大・宮川, 金光)。
煮豆の腐敗とソルビン酸の影響(阪府大・農化・高橋)
- 畑土壌中でのBHCの微生物分解を熱測定によってとらえようとする試み(阪府大・土肥・大久)。
水田土壌でのFe, NO₃等の酸化還元過程(ポーラロ)とサーモグラムとの関係(阪府大・土肥, 小松)。畑作土壌の微生物活性とサーモグラム(北海道農試・金野)
- 活性汚泥の研究に熱測定が利用できないだろうかという問題(森永乳中研・山本, 寺口)
- 醸酵工業での微生物活性を熱測定によって(サントリー中研・古賀)
- 生物の運動: テトラヒメナ(腔腸類)の増殖と運動を熱測定によってとらえようとする試み(シオノギ中研・永井)

以上のようにバラエティーに豊んだ内容で非常に興味のある問題ばかりでした。それぞれ取り組んでおられる方々は『何を目的に熱測定をやるのか? 何故この分野に熱測定を利用しなければならないのか? やみくもに熱測定をやって……』等々の批判や疑問の中で研究を続けておられるようです。しかしマクロな物質変化をマクロに取り扱うことは非常に大切なことですし、ミクロで取り逃がしていることもマクロな熱測定で引っかかることもあります。極端な言い方ですが全ての変化には熱の出入りが伴うものですから、もっと複合系に対する熱測定に興味を持つ方が増えることを願いながら。(宮川金二郎：大阪女子学園短大)