

【海外事情】

米国ウィスコンシン州立大学マディソン校における 食肉研究室の最近の事情



島田謙一郎

帯広畜産大学畜産学部

〒080-8555 帯広市稲田町西2線

はじめに

ウィスコンシン州はアメリカ中西部に位置し、昔から酪農業が主要産業となっているようです。おそらく、この州のなかで、もっとも開けているのは、産業都市であるミルウォーキーでしょうが、筆者はこの州の州都マディソンにある University of Wisconsin-Madison (以下ウィスコンシン州立大学マディソン校) へ2003年3月から2004年1月まで10ヶ月間文部科学省長期在外研究員として研究に従事する機会を得ました。昨年3月といえば、ちょうどアメリカがイラクへの戦争を開始する直前であり、出発間際には同僚の先生たちからは戦争が開始したら渡米できなくなるのではないかと冗談半分に脅かされたものです。実際に、日本を出国してアメリカへ向かう際も、東京国際空港で北米に向かう便はすべてトランクを開けて中身をチェックされ、さらにシカゴのオヘア国際空港で乗り換える際にもすべて荷物を開けて、靴も脱がされましたが、一番、びっくりしたのは、たまたま持ち合わせていたお守りの中身

まで出して確認されたのを鮮明に覚えています。そんなこんなで途中の旅路はなかなか緊張感が漂っていたせいもあって、マディソンの Dane Country Airport に到着して、外に出てみると、帽子を被り文献を片手に読みふけている Greaser 博士が出迎えにきてくれていて、とても安心したことを今でも記憶しています。それから約1~2ヶ月は生活を立ち上げながら、新しい生活環境へなれなければならないために、あつという間でした。

さて、ウィスコンシン州立大学マディソン校で筆者が滞在した研究室は、Meat Science and Muscle Biology Laboratory (これより先は食肉科学研究室

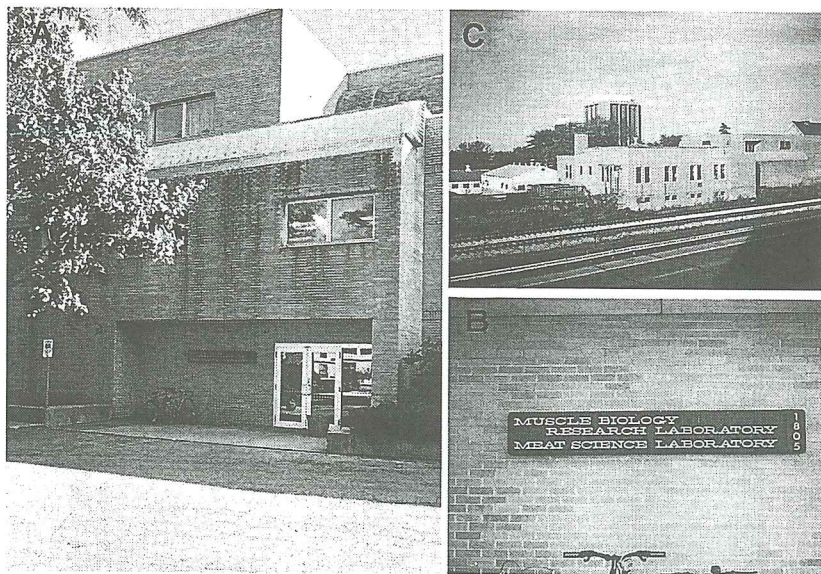


写真1. 食肉科学研究室 (A: 正面玄関, B: 看板, C: 建物全体)

と略させてもらうことにする、写真1)は、これまでも日本からは先輩の方々がたくさんここを訪れています。食肉科学研究室は、College of Agricultural and Life Sciences (以下これは日本で言うと恐らく大学院農学生命科学研究科にでも相当する組織であると思われるが、非常に幅広い分野を含有しているので、ここではあえて日本語略を用いずCALSと呼ぶことにする)の中でAcademic DepartmentsのうちAnimal Science (以下畜産科学科と呼ぶ、写真2)に属しています。しかし、食肉科学研究室の建物は、畜産科学科の建物と独立して建っていました。老朽化もしているので、現在は立て替えの計画もあり、完成予想モデル図などもできていましたが、予算に目処がたないようで、何時から立て替え工事が始まるのかは未定ようです。この研究室には実に気さくな先生が多くて、Cassens名誉教授、Kauffman名誉教授などは机もまだありましたが、平日は殆どいらっしゃいませんでした。常時在室されている先生としてはGreaser教授、Buege教授、Claus助教授、Richards助手、Russell講師およびBorchert博士などがいらっしゃいました。皆さん方はresearch (研究)、education (教育)、extension (生涯教育)の役割分担が実によく分かれていて、これはすべて任用の契約によって変わるようです。この辺については後で詳しく紹介することにして、筆



写真3. ウィスコンシン州州議事堂

者が滞在したウィスコンシン州の州都であるマディソンの人口は2000年の統計では208,054人で、その中でアジア系は12,065人で全体に5.8%を占めていました。日本人はアジア系の中では597人でした。筆者が在住している北海道帯広市の人口(平成12年)は173,030人であるので、街の規模としては帯広と同じ程度で、北緯についても同じくらいであったので、筆者にとっては比較的住みやすかったといえます。この街は州都であるので州議事堂(写真3)もありとても立派な街に思えました。

研究について

今回、ウィスコンシン州立大学マディソン校の食肉科学研究ではGreaser教授をはじめとして、形態学的手法で以前から有名な研究室でした。筆者はGreaser教授の下で研究を進めるにあたり、骨格筋筋原線維の構造や成分、それらと熟成に伴う食肉の軟化との関係性などについての研究がしたいとあらかじめGreaser教授に打診をしていました。Greaser教授(写真4)は、近年、筋原線維タンパク質のタイチン(分子量が約3MDaの巨大な弾性タンパク質でコネクチンとも呼ばれている)に関して研究されています。実際に住むアパートも決まり、生活の立ち上げがなんとか一段落した段階で、Greaser教授から10ヶ月間の研究計画についての相談がありました。そこで、タイチンに関する研究と、ニュージーランドの先生と共同研究しているテーマがあったので、その二つについ

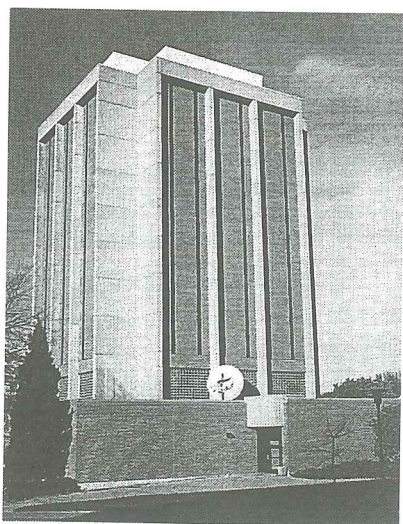


写真2. 畜産科学棟



写真 4. 食肉研究室メンバー
(左から3番目がGreaser教授, 右端が筆者)

て行うことになりました。タイチンは骨格筋筋原線維の収縮の最小単位であるサルコメア全体 (Z線からM線まで) に渡って存在している巨大な弾性タンパク質 (これをタイチン-1あるいは α -コネクチンと呼ぶ) で、熟成に伴いこの分子はタイチン-2 (β -コネクチン) と1200kDaサブフラグメントに切断され、これが食肉の軟化機構の一端を担っていると考えられています (Takahashi, 1996)。タイチン-1のN末端側がZ線内部でどのような構造を取っているかについては様々な報告はありますが、どのモデル図が最も適当であるかは分かっていません。Z線内部における部分が熟

成で変化するのかについて、これまで報告されていませんでした。Greaser教授はご自身の以前の研究報告 (Boyer-Berri and Greaser, 1998) に基づいて、Z線内部もしくはZ線近くでタイチン分子が変化すると推察しており、私にそれを調べて見るように勧めてくれました。そこで、Z線に関連する幾つかのタイチンに特異的な抗体を用いてグリセリン処理筋から調製した筋原線維に対して処理し、間接蛍光抗体法を用いて、冷却CCDカメラを接続した蛍光顕微鏡 (写真5) で観察して、画像を直接パソコンで取得して蛍光像を取得して、その蛍光強度の変化から局在するタンパク質の変化を調べました。タイチンに関する研究は、かなり続けましたが、あまりかんばしい結果を残せませんでした。そこで、次に、Greaser教授とニュージーランドの先生との共同研究に参加させていただくことにしました。カルシウムイオンで活性化されるカルパインというタンパク質分解酵素はミリモル濃度で活性化されるm-カルパイン (カルパイン1) およびマイクロモル濃度で活性化される μ -カルパイン (カルパイン2) が主に、食肉の軟化などに関係すると報告されています。しかし、近年、骨格筋に特異的に存在する別のカルパインが存在することが報告され、それをp94 (カルパイン3) と呼んでいます。彼らはカルパイン3が

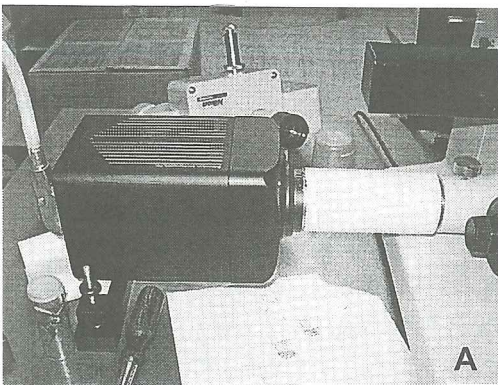


写真 5. 実験に使用した顕微鏡システム
(A: 冷却CCDカメラ, B: 顕微鏡本体)

筋原線維に結合して、それが熟成に伴う筋原線維タンパク質の変化に関係するか否かを調べていました (Iliar, 2004)。このカルパインというタンパク質分解酵素は現在、14種類まで調べられている (反町および川畑, 2003) が、現段階では1-3までが骨格筋に

存在していることが確定しているだけで、他にについては分かっていませんでした。筆者はその中でもカルパイン10について、これが筋原線維に結合して存在しているのかどうか、さらに熟成により存在量に変化するかどうかを調べる仕事を行いました（ここで得られた結果は投稿準備中です）。ここまでは簡単に筆者の研究内容を紹介しましたが、次に食肉科学研究室の現在の研究内容について、筆者が知る限りのことを簡単に紹介することにします。Claus助教授はHydrodyne Process（写真6）による水力学的な衝撃波で食肉を柔らかくする技術、その他、製品から肉質に至るまで幅広く研究を行っていました。一方、Richards助手はミオグロビンやヘモグロビンが介在する食肉製品中における脂質酸化に関する研究を行っていました。詳しくは表に彼らの研究内容を載せておきます。この二人の先生は研究以外にも教育（実習教

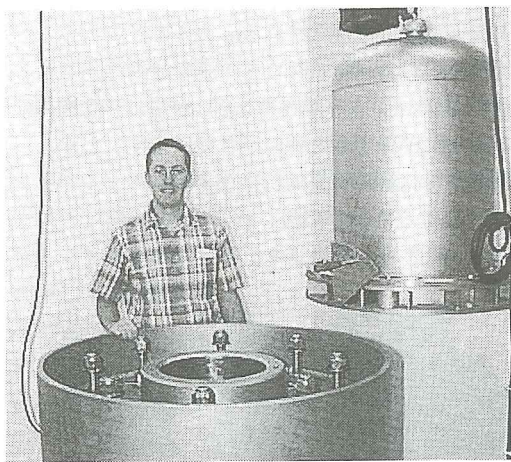


写真 6. Hydrodyneの機器とClaus博士

育も含む）や生涯教育にも関係していて、ことに忙しそうでした。

食肉および食肉製品について

筆者がちょうどアメリカに滞在している際に、カナダのアルバータ州で牛海綿状脳症（BSE）の牛が発見されたニュースがありました。カナダとアメリカは隣接した国なので、アメリカは大丈夫なのかという不安に駆られたので、数人の先生たちに日本での検査体制を説明してから、アメリカ

でのBSE発生に対する危険性について尋ねたことがありました。その時、彼らは日本での検査体制に感心してアメリカでのBSE牛の発生する可能性はあるかもしれないが分からないと言っていました。それから昨年末頃になって、確かアメリカでもBSE牛が発見されたことを受けて、日本や韓国などがアメリカ産の牛肉輸入を中止したというニュースを見て、びっくりしたことを覚えています。しかも日本に居た頃から英語のMad cow diseaseの日本語訳で狂牛病という言葉の印象が悪いということで日頃からBSEと呼ぶようにしていたので、BSEでなくMad cow diseaseというニュースの見出しをみて英語圏ではBSEよりもMad cow diseaseの方が一般的なのだと、改めて少しショックを受けました。このウィスコンシン州では野生のシカにBSEに似た慢性消耗性疾患chronic wasting disease CWDがあるため、野生のシカに対するCWDに対する研究プロジェクトがウィスコンシン州立大学にはあるようでしたが、BSEに対する研究プロジェクトは聞いたことが無かったので、無かったのかもしれませんが。日頃、スーパーやレストランなど地元の人たちを見ていると、この人たちが牛肉を食べなくなるなんてことは、きっと無いだろうと思いました。この話はそれくらいにして、マディソンでの食肉製品の話に入ります。スーパーなどで食肉製品を見たところ、日本国内と明らかに異なったのは、生肉では豚肉よりも牛肉や鶏肉が一般的なことでした。加熱食肉製品では、牛肉と鶏肉を材料にしたソーセージなどがありました。現地ではBrat wurstというフレッシュソーセージをバーベキューの時によく焼いて食べました。このソーセージを“ブラッド”と皆呼んでいましたが、初めの頃は“ブラッド”と聞こえたので、血液を使ったブラッドソーセージだと思いましたが、いざ食べてみると、普通のフレッシュポークソーセージでした。マディソンの街のスーパーなどでよく見かけたJohnsonville（ジョンソンビル）の製品は日本でも購入できるようです。ホームページ(<http://www.johnsonville.co.jp/>)には日本の地方別に取り扱い店も明示されています。また、他にはスーパー内の生肉売場でイタリアンソーセージなどと書かれたソーセージ生

地が販売されていたことにもびっくりさせられました。ソーセージ類では、豚肉以外の牛肉を使ったものが以外に多いことも特徴のように感じられました。Greaser教授に初めに食材を描えるために買い物をしにスーパーに連れていってもらった時に「ベーコンを食べたいのですが、どこのベーコンが一番美味しいですか？」と質問したらOscar Mayer社 (<http://www.toomunchfun.com/oscarmayer/index.aspx>) Traditional Baconが一番だと教えてもらいました。買って食べてみると、確かに脂身がちょうどいいくらいに入っていて、美味しかったです。帰国してから、幾つかスーパーを覗いてみてもここまで脂身が入っているベーコンを見かけませんでした。他の製品では、ウィスコンシンが七面鳥で有名なのか、売り場には必ず七面鳥の薫製品、それから七面鳥のハムなどが売られていました。七面鳥のハムはかなりあっさりしていて、これもなかなかでした。残念ながら、スーパーの生肉や肉製品の売り場の写真を撮影してこなかったもので、お見せできませんが、日本とは少し違った景観を呈していました。ちなみに、学部教育では畜産科学科にAnimal Science Major (畜産学専攻)とPoultry Science Major (家禽学専攻)の2つのコースがあり、製造実習のたぐいもやはり2種類ありました。Poultry Science Majorの方はRichards助手が担当しており、実習で製造した製品をご馳走になりました。そのときに、とてもきれいな桃色に発色していたので、発色剤のことを聞いたら200 ppmくらい添加しているとのことではやはり日本の食品衛生法における70ppm以下という濃度は、低めに設定されているのだと痛感しました。

ウィスコンシン州立大学について

本年4月から国立大学は、すべて国立大学法人へと変化しましたが、それを前にアメリカの大学を見てきた筆者にとっては、アメリカの大学、特に本稿ではウィスコンシン州立大学を対象としますが、大学内での教育や研究などのシステムに、とても感心を持っていました。研究については先に少し記述しましたので、省かせていただきます。研究とも少し関係しますが、教育関連では、非常に成熟した情報システムを持っているように

感じました。日本でもインターネットのインフラは随分進んで、筆者の勤務する(地方の小さな)大学にでも、ほぼ日常的に問題がないくらいのスピードでインターネットが使用できています。様々なことに、うまくインターネットがアメリカには溶け込んでいるなど感じました。それから学生たちが、昼食などをとる店が幾つか入っているホールには必ず、パソコンが何台も接続されていて、食後にメールなどをしている光景を目にしました。メールもウェブメールを採用していました。日本では、どこか教室などの中に、パソコンが何台も置かれていて、そこで学生たちが座ってメールしている光景に相当すると思います。このように学生たちにとって気軽にメールやウェブを見たりすることができるのは、とてもいい環境のように思えます。例えば、文献を検索する時には、普通ならきっと図書館のなかに置いてあるパソコンで行うのですが、このような図書館と全く関係ない場所でも検索することもできます。授業内容を掲載したシラバスを、日本ではここ数年でやっとウェブで閲覧できるようにしていると思いますが、アメリカではかなり前から行われているようでした。しかも日本では一度掲載すると、なかなか更新されないことが多いですが、アメリカでは開講時期にあわせてアクセスできるようになっていて、配布資料などもそこで見るできるようになっていました。授業料に関しては、入学時に両親と本人がウィスコンシン州に在住で、かつ本人が州内の高校に通っていれば、現在の日本の国立大学とほぼ同等くらいの授業料で卒業できるようになっていましたが、違う州の出身者や外国からの出身者は、ほぼ4倍程度高い授業料を支払うようでした。日本で言えば、他の都道府県から入学してくる学生の授業料と、地元からの学生の授業料に格差があるということになるのですが、とうていこんなことは日本では考えられないと思いました。ちょうど筆者がいる頃に、日本から来ている修士の大学院生が食品科学、獣医、生化学などについて知り合いになりましたが、大学院の授業料も学部と同じような格差があるようでした。ただし、医学部、薬学部、獣医学部などは他の学部と比べてとても高価な授業料

を支払うようでした。さらに、授業料はそれぞれの学部で違っているようでした。食品科学に在籍していた大学院生に聞いたら、イラクへの戦争が開始になって、少し授業料が値上がりしたとも聞きました。日本ではこのような話は全く聞き及んだこともありませんでしたので、世情が直ぐに反映するのだと感心しました。少し脱線しますが、このようにアメリカ滞在中に数人ですが日本人の方々とも知り合いになりました。大部分はポスドクで来ている人、筆者のように文部科学省の在外研究員、日本学術振興会の研究員、民間会社から派遣されている研究員など立場は様々なものでした。筆者はたまたま知り合った日本人からバイオサイエンス系の人たちが、月一回のペースで日本語で自分の研究テーマを紹介するセミナー（このセミナー参加者で交流を深めるために夏にバーベキューをしたときの写真7を掲載します）を生化学の建物でやっていると聞き及んだので、自分も参加してみて、ある意味でとても勉強になりました。マディソンにはちゃんと日本人会がありましたので、そこに参加すれば、もっとたくさんの日本人とも知り合う機会があったのでしょうか、筆者はそれに参加しなかったのが、あまり詳しくは存じません。話がかなり逸れたので、戻していくことにします。他には、日本での卒業研究や卒業論文などに関しても必ずしも選択しなくても構わないようでした。ただし、大学院へ進学を考えて

いるのであれば、1年生の頃からいろんなラボで先生がアルバイトを募集していて、実験器具の洗いや実験助手などを経験していること、卒業研究を選択することなどが大学院へ入学する際に考慮されるとのことでした。さらに、日本でもティーチングアシスタントという制度が根付いてきましたが、大学院では入学試験前に、教員に打診して、了解のもとに入学すれば、入学してから約10万円/月くらい出るそうです。ただし、学生は2年間のうちは実験実習などを教えるようです。向こうでは、先生もティーチングアシスタントの学生も同じインストラクターという立場でしたので、学生も責任をもって教えているようでした。それから、ティーチングアシスタントをしている間にはアルバイトも禁止されており、もし大学側に発覚すると、ティーチングアシスタントの契約を破棄されるようです。学生にとってのいろいろな救済システムが存在していました。同じ名称のシステムであっても随分、日本とは中身が異なっていると実感したものです。

おわりに

本稿は筆者がアメリカ滞在中に得られた限られた体験をもとに書きましたので、十分に、読者の方々が満足する内容についてまで記載できていないことをあらかじめお詫びしたいと思います。「はじめに」でも書きましたが、ウイスコンシン州立大学マディソン校の食肉科学研究室は、かつて多数の諸先輩方が勉強しに行かれたことのあるアメリカでも数少ない研究室の一つだと思います。食肉の科学のバックナンバー35巻1号にも本稿と同じ【海外事情】に北里大学 有原圭三氏の「米国における豚肉品質の最近の事情」にも記載されていますので、興味がある方は、それも参考にされると良いと思います。

参考文献

- Takahashi, K. 1996. Structural weakening of skeletal muscle tissue during post-mortem ageing of meat: the non-enzymatic mechanism of meat tenderization. *Meat Science*, 43, S67-80.
- Boyer-Berri, C., and Greaser, M. L. 1998. Effect of



写真7. バイオサイエンスの会で催したバーベキュー

(写真の一番右が筆者である)

postmortem storage on the Z-line region of titin in bovine muscle. *Journal of Animal Science*, 76, 1034-1044.

Ilian, M. A., Bickerstaff, R., Greaser, M. L. 2004. Postmortem changes in myofibrillar-bound calpain 3 revealed by immunofluorescence microscopy. *Meat*

Science, 66, 231-240.

反町洋之, 川畑順子. 2003. カルパインと病態—構造活性相関からの考察—. *日薬理誌*, 122, 21-29.