

GGAA3に参加して ～畜産業からの温室効果ガスに関する研究動向～

前田 高輝 ((独)農研機構 北海道研究センター 資源化システム研究北海道サブチーム)

・はじめに

2007年11月26～29日にニュージーランド・クライストチャーチにて開催された畜産業からの温室効果ガス (GHG) 排出とその抑制に関する国際研究集会、GGAA3; Greenhouse gases and animal agriculture conferenceに参加した。畜産業からのGHG排出抑制に関する研究動向について、学会終了後パーマストンノースにある現地研究機関Agresearchおよびタウポの圃場 (現地酪農家) を訪問した内容と併せて報告する。

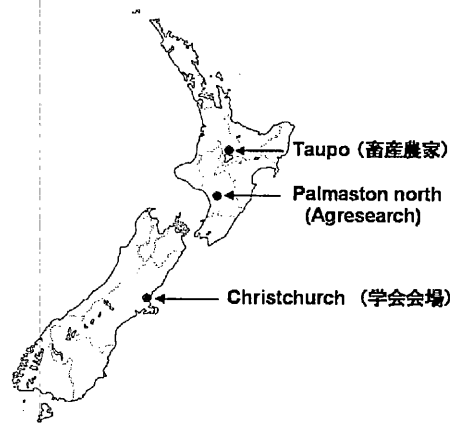
・学会の概要

クライストチャーチ (人口36万人) は南島における主要都市であり、街は歩いて回れる程度の大きさだった。学会は市街中心部にあるホテル、Gland Chancellorの14階を使って行われた。参加者の国籍は主催国ニュージーランドと隣の国オーストラリアを中心にヨーロッパ、南米、アジアなどであった。発表演題数は口頭発表が44題、ポスター発表が85題であった。アメリカの研究者が見当たらず、GHG排出と地球温暖化に関する各国の意識の違いを垣間見た感じがした。

畜産業からのGHG発生と抑制に関する研究は、ルーメン微生物の生化学的研究からGHG排出を取り巻く社会科学研究まで多岐にわたるが、この学会では全ての分野の口頭発表が一つの会場で行われた。分野別に会場を分ければ2日程度で終わるのと思ったが、他分野の研究発表を聞くよい機会となった。また、口頭およびポスター発表のほかに特別に時間を設け、分野ごとに特化して専門家同士で議論する場としてワークショップが開催された。スケジュール詳細は表に示した。

・主催国・ニュージーランドとGHG

今回のGGAA主催国であるニュージーランドは畜産の国であり、GHGの国家排出量の半分を畜産業が占めている。そのため、実に多数の優秀な研究者がこの分野の研究に携わっており、特に (元) 国の研究機関 (ニュージーランドは世界に先駆けた行政改革によって国の研究機関が独立法人化された国である) であるAgresearchから多数



クライストチャーチの街並み

の口頭および口頭発表が行われた。また、ニュージーランドは羊と酪農家の殆どが放牧経営であるため、放牧時のルミノロジーと牧草利用時における分野に研究が集中していた。

・口頭発表

前にも述べたように様々な分野からの発表がなされていたが、社会科学系の割合が比較的多かった気がする。筆者が特に興味を持った研究について、いくつかピックアップしてみた。

・メタン生成菌をターゲットとしたワクチンの開発に関する研究

B M Buddie et al, Agresearch, New Zealand
反芻動物の免疫機構をうまく利用し、ルーメン内

に存在するメタン生成菌を減らすための研究が Agresearchで行われている。これは、既に知られている *Methanobrevibacter ruminantium* をモデルとして、その細胞膜表面に存在するタンパクをいくつかピックアップし、それに対する抗体を作らせるというアプローチである。このアプローチは、メタンを生成する細菌の殆どに共通するタンパクを特定する必要があるため、メタン菌が生きていく上で必須な候補タンパクに的を絞ってウサギなどに抗体を作らせているという報告であった。

		Workshop 1	Measurement of enteric methane production in grazing animals using tracers
Day 1	10:00-16:30	Workshop 2	Innovations for addressing the urine problem
		Workshop 3	Current challenges in biogas production from animal waste
	8:50-10:30	Session1	Welcome
	11:00-12:40	Session2	Manipulation Technologies
	13:30-15:30	Session3	Management Technologies (N ₂ O, CH ₄)
	15:30-16:30	Session4	Poster Session 1
Day2		Workshop 1	Enteric methane abatement - field technologies
	16:30-17:30	Workshop 2	Enteric methane abatement - targeted rumen manipulations
	Session5	Workshop 3	Pasture N ₂ O abatement
		Workshop 4	Low emissions manure management
		Workshop 5	Biogas from manures
	8:50-10:30	Session6	Advances in GHG microbiology
Day3	11:00-12:30	Session7	Manure management & Biogas production
	13:30-15:00	Session8	Whole farm modeling
	15:30-17:10	Session9	Broader GHG science
	9:00-10:24	Session10	GHG measurement
	10:24-11:15		Poster Session 2
Day4	11:15-13:00	Session11	Policy & Industry
	13:50-15:00	workshop1-5	Day2, Session5と同じ。最後にリーダーが議論の結果を報告。

まだ実験途中であり、実際に効くかどうかの実験はまだまだ先かなという印象であったが、面白いアプローチだと感じた。

・カンガルー科（カンガルー、ワラビー）の腸管内に存在するメタン生成菌の研究

P N Evans et al, CSIRO livestock industries, Australia.

オーストラリアにしか存在しない動物の腸管内のメタン生成菌についての研究報告で、変わっていて目を引いた。Tammar wallaby, Red kangaroo, Western grey kangarooの腸管内中に存在するメタン生成菌のクローンライブラリーを構築した結果、Red kangarooとTammar wallabyからはMethanobrevibacter gottschalkii strain PG.に近似（98%）の配列が得られた。一方、Western grey kangarooから新規クラスターに属するアーケアが発見されたという内容であった。結論としては、カンガルー科の腸管内のメタン生成菌は全体的にウシやヒツジのルーメン内のそれと似ているものだったという旨の報告であった。

・硝化抑制剤を用いて牧草地からのN₂Oを低減する研究

H J Di et al, Lincoln University, New Zealand.

牧草地へふん尿スラリーを散布する際、前もって硝化抑制剤を撒くことによってN₂Oの発生を平均で70-80%程度抑制するというアプローチがリンカーン大学のDr. Diら多数の研究者によって発表されていた。DCD等複数の硝化抑制剤はアンモニアから亜硝酸への変換過程を特異的に阻害し、脱窒を行わせないようにすることでN₂Oの発生を抑制する。また、散布したアンモニア態窒素が硝化脱窒されず土壤中に残存することから植物の生育がよくなる上、硝化抑制剤自体も窒素を含んでおり土壤中で分解されることによって肥料としての効果があるなど、様々なプラスの効果があると

いう話だった。ただし、土壤中の温度が高くなる時期にはその効果が弱まるという注意すべき点があるため、春の散布が効果的であるという報告であった。

この硝化抑制剤に関する研究は古く、日本でも同様の研究が行われていることを後で知ったが、筆者にとっては初耳であり、新鮮に受け止められた。Dr. Diのデータはクリアであり、現時点で畜産業から排出されるGHGを抑制する技術として一番期待の持てる手法という印象を受けた。コストの面をクリアすれば、実際に現場において適用可能であると考えられる。



口頭発表の様子

・酪農家・養豚農家の嫌気スラリー貯留池からのメタン排出に関する研究

R Craggs et al, NIWA, New Zealand

嫌気スラリー貯留池にフロートカバーを浮かべ、自然に発生するバイオガス量と質を調査していた。発生するバイオガス量は養豚農家で0.84m³/m²/day, 酪農家では0.032 m³/m²/dayであり、メタンの割合はそれぞれ74%, 82%であった。これを電気に変換すればそれぞれ1650kWh/day, 135kWh/dayのエネルギーが得られ、CO₂換算でそれぞれ8.3t/day, 0.68t/dayの温室効果ガスが削減できる、という内容であった。貯留槽からのメタン発生量とそれを有効に利用した場合の温室効果ガス削減量が明確に示されており、これらの

排出の有効利用の必要性が伝わる内容であった。日本でも同様の研究が行われており、インベントリーデータを作成中であるが、比較的容易に出来る場所はすぐにとりかかるべきであるとあらためて感じさせられた。

・ 遺伝的にメタン生成が少ない個体、系統が存在する？

A Munger and M Kreuzer

ETH Zurich, Switzerland

メタン生成量に対する遺伝的な能力というのが存在するかどうかを検証した報告であった。ホルスタイン、シンメンタール、ジャージーの3品種について、DMIなど複数の栄養指標当たりのメタン排出量をrespiration chamberで評価した結果、個体中でのばらつきが大きすぎ、遺伝的な能力によるメタン生成量の違いはほとんど無いであろうという結論であった。その後で反対にメタン生成量には遺伝的な能力が関係しているかも？という発表もあったが、育種価が計算できるほどデータをとっていないので、言われてみればそう見えるかもね、程度のデータであった。もし本当にそのような遺伝的能力があれば面白いのであるが、この発表の結果の様に環境の効果はかなり大きく、育種学的な改良には不向きであると感じられた。

・ CaSO₄の添加による豚ふん尿スラリーからのメタン発生抑制効果

W Berg and J Kern, ATB, Germany.

硫酸カルシウムを豚ふん尿スラリーに添加すると、アンモニアとメタンを抑制するという発表であった。4%の添加でアンモニア、メタンの発生量を半分程度に減らすことが出来たらしい。また、N₂Oの発生等マイナスの効果も認められなかったとのことであった。一方で、微生物の活性など貯留槽の中で一体何が起きているのか、抑制機構

についての見解が無かったのが残念であった。コストも低く抑えられるため、良い方法であるかもしれない。



発表間の休憩： refreshment break

整然と論理を展開する中で、時折ジョークを交えて発表する研究者が結構多かった。中には、「ルーメンの中に抗生物質入りのカプセルを入れてみた。するとどうなったか？乳量は・・・全然減ってない。乳質は・・・全然大丈夫。このアプローチは生産性に全く悪影響がありませんね、すばらしい！！ところで、肝心のメタン発生量ですが・・・あれ、メタン発生量も全然減らなかった。困りましたねえ。」という感じの口調でネガティブなデータを明るく楽しく発表している研究者もいた。あのデータを発表するとしたらそういうやり方しかないのかもしれないが、日本ではあまり見られない光景であり（筆者は見たことがありません）個々の研究者の余裕を感じた。まじめな人から見たら、少しふざけているように感じたかもしれない。深刻な問題に真剣に取り組む一方で、楽しく研究しているという印象を受けた。もしかしたら、こういう点が日本の研究者との一番の違いなのではないかと思った。

- ・ポスター発表
- ・豚糞バイオガスプラントにおける生物脱硫装置からの硫黄酸化細菌の分離

J J Su et al, Animal Technology Institute Taiwan.

生物脱硫装置から複数の硫黄酸化細菌を分離することに成功していた。H₂S濃度が数千ppmのバイオガスを安定的に生物脱硫のみで処理出来ていることにも驚いたが、難しいとされる硫黄酸化細菌の分離に成功していたため、興味深かった。培養実験結果では確かに硫黄酸化活性を有しており、16S rRNA遺伝子の解析結果では分離された菌株は *Candida krusei/inconspicua* (96.2 % identity) などに近似の細菌であった。生物脱硫の最適化のため、更なる研究が待たれる。ヨーロッパ人の研究勢力が圧倒的に多い中で、アジア人の発表として高いレベルのものであった。この人を見習ってがんばるべきだと強く感じた。

ルーメンの研究においては多数の分子生物学者が活躍している一方で、ふん尿処理関係では農業機械の専門家が多く、微生物の活動にまで細かく踏み込んだ話をする研究者はまだ少数派のような印象を受けた。ふん尿処理は微生物の代謝を利用したものであり、その研究にはこれらの情報が必須であると感じている。事実、日本でも都市下水に関する研究においてはかなりの数の分子生物学的手法を用いた微生物生態学者が活躍しており、家畜ふん尿処理系でもこれからこちらの分野がどんどん主要になっていくと考えられる。

・ワークショップ

「ルーメンから発生するCH₄の測定と抑制手法」、「ふん尿処理過程からのGHG発生と抑制手法」、「バイオガス生産と利用」等の分野別に大きくテーマ分けされていた。筆者は主にバイオガス生産およびふん尿処理過程からのGHGに関する

ワークショップに参加した。オーストラリア人の研究者Dr. Hegartyが司会をし、著名なDr. Van der Meerを含むこの分野に携わる十数人の研究者が参加し、ふん尿処理過程からのGHG発生を抑制するための問題点の洗い出しと進むべき方向性について皆で話し合った。

このワークショップにおいては、誰かが提案をしたらそれに対する否定的な側面が指摘され、結局これといった有効な結論が出せずじまいであった。ふん尿処理過程から発生するGHGに関するワークショップにおいて得られた結論として、解決すべき課題は①貯留時に発生するCH₄の抑制および利用、②スラリーを牧草地や農地へ散布する際に発生するN₂Oをどう抑制するか、の2点であり、今のところこれらの有効な手法については存在しない、というものであった。2点目について有効な方策として、硝化抑制剤について少し話が出たもののコスト面から否定され、以降は全く触れられなかった。

ワークショップの議論に参加して印象的であった点は、ふん尿処理における前提が日本と欧米で全く異なることである。ふん尿はスラリーとして貯留するのが一番低コストで省力的である。また、スラリーを散布するための農地も確保できることから、欧米では殆どの農家でこのシステムが採用されている。そのため、欧米の研究者は固形廃棄物としてのふん尿処理を念頭に考えることが殆どない。この点において、堆肥化を基本とする日本の処理体系と欧米の研究者との意識の違いを感じさせられた。堆肥化は欧米では殆ど行われていないことから、各国の研究者の関心は極めて低い。

バイオガス生産と利用に関するワークショップでも現状と問題点の洗い出しが行われた。こちらでは日本を含む各国のバイオガス利用状況の現状報告が行われ、問題点としてはバイオガス生産

で得られる電気の質について話題が集中した。①バイオガス利用時に得られる電気は質が低く、電気会社から敬遠されること、②バイオガスプラントの適切な維持管理は難しく、農家にとって重荷になっていること、③バイオガスプラントのインシヤルコストが高いこと、の3点がクリアされるべき課題であるという結論であった。若いドイツ人の優秀な研究者が社会科学的側面からバイオガス生産の問題点を指摘しており、バイオガス生産と利用は技術的問題の解決もさることながら、政治による問題解決が待たれる局面であると感じさせられた。

バイオガス利用のもう一つの側面として、排出権取引に関する報告がマレーシアからDr. Liangにより行われた。東南アジア等の気候の温暖な国々は、メタン発酵のための保温に必要なコストが低く、年中通して発酵を維持しやすいという点において、バイオガスの生産と利用に適している。日本を含む先進国の企業が東南アジアにバイオガスプラントを導入し排出権を獲得するビジネスが活発に行われており、今後も活発な技術導入が待たれる、という内容であった。炭素の有効利用は進むが窒素の排出については全く触れられず、アンモニアはそのまま垂れ流しているようであったが、途上国への洗練された技術の導入という形で貢献は評価に値するものであると感じた。

・GGAA Conference Dinner

3日目の夜にカンファレンスディナーがあった。学会会場からバスで20分程度、国際空港のそばのエアフォースミュージアム内で行われ、古い軍用機に囲まれてご飯をいただいた。学会主催者と政府系のお偉いさんの挨拶があったり、女性3人組が懐メロメドレーらしきものを演奏したり、映画の中で見るような外国人のセンスを目の当たりにして、やっぱり外国の人は何か違うなという感じがした。



このディナーの席では、日本人は日本人のシマを形成する傾向にあり、最初は活発な交流が期待できない感じがしたが、日本語を話すAgresearchの研究者Mark Liefferingさんがおり、幸いなことにその方からAgresearchの色々な方を紹介いただいた。

彼は一時期東北農試にいたらしく、日本人と日本語が話したいようであった。彼自身は社会科学系の研究者であり、研究内容で直接関連があるわけではなかったが、日本人研究者に対する意見を聞くことが出来た。「日本人は夜遅くまで働くけど、あれは意味がないよ。」というのが彼の主張であった。夜遅くまでやっても能率が悪く、次の日の仕事にも影響するから、メリハリをつけてちゃんと定時には帰るようにしなさい、と説得された。Agresearchでは、molecular関係の研究者の人たちも誰も6時まで残らないそうだ。ちゃんと休んで、家族とコミュニケーションをとり、次の日にリフレッシュされた頭で集中して仕事をするのが良い、と言っていた。

また、研究室の構成も良くないそうだ。Agresearchでは研究者ごとに個室が用意され、仕事に集中できる環境が整っている。日本の研究所の様に大部屋に複数の研究者が席を持つスタイルは研究の進行に悪影響を及ぼすと主張していた。みんなで集まってお茶を飲むときと仕事をするときの場所は完全に別であるべきだという話であった。

海外の研究所はたいていそのような調子らしいが、十分な成果がでており、説得力があった。私自身は定時あがりでも仕事を充分こなせる気が全くしないが、定時上がりでもちゃんと結果を出せる彼らを見習うべきだと感じた。

・Palmerston north

30日夜の便でパーマストンノースに到着した。空港ではAgresearchにおいてポストドクとして研究されている日本人研究者（川村健介さん）とそのご家族、川村さんの受け入れ研究者で草地研究所（現畜草研・那須研究拠点）にも1年いたKeith Betteridgeさんに迎えに来ていただいた。空港から市街地へは車で10分程度と近く、そのままモーターに宿泊。パーマストンノースは北島の南部に位置する都市（人口7万人）であり、人口は少ないものの街の規模はクライストチャーチと同程度といった印象であった。

モーターのテレビで夜はサッカー（ニュージーランド国内リーグ）、朝はクリケットの国際試合を観戦し、翌朝市街地からそう遠くない落ち着いた雰囲気の外に位置するAgresearchへと向かった。



BetteridgeさんにAgresearch所内の案内をしていただいた後、彼と川村さんの実験内容の説明を受けた。Betteridgeさんは北農研の梅村さんと放牧協定研究をされている方だとお聞きしていたため、採食量推定等の研究をされていると思っていた

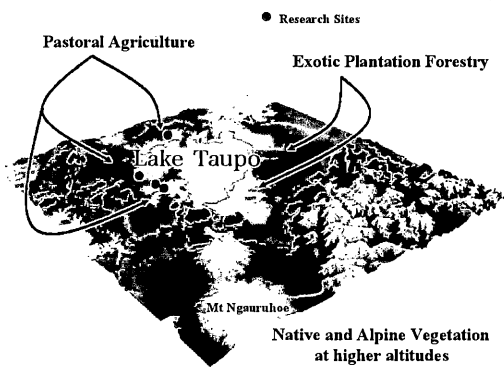
たが、実際はふん尿由来の地下水の窒素汚染；Nitrogen leachingに関する研究を行っている方だった。今は川村さんと共同でGPSと尿センサーを用いた羊の行動管理と排尿による窒素汚染の集中がどのようにして起きているか、という仕事をされているとのことであった。

パーマストンノースからタウポへはBetteridgeさんの運転（マンツーマン）で行くことになった。途中、飛行機から肥料を散布している場面をたまたまみることができた。日本ではおよそ考えられない光景である（もしかしたら道東にはあるかも）。ありとあらゆる傾斜が牧草地あるいは材木用の松林として利用されているという印象を受けた。元は全て原生林であったことを考えると、もったいないことするなと思った。Betteridgeさんによると、最近羊を飼ったり松林を作って木材として売ったりするよりも酪農の方が儲かるらしく、これらの農家が減り酪農家が相対的に増えてきているそうだ。言うまでもなく搾乳牛の環境負荷は羊よりも圧倒的に大きいため、これまで以上に環境汚染が進行する恐れがあるとのことであった。このことに対するニュージーランドの立法による対応は実にすばやく、かなり厳しい法律が今度施行される運びなのだとか。

車で3-4時間ほどだったであろうか。日本人とマンツーマンドライブでも3-4時間といったら結構大変なのに、ネイティブと英語でマンツーマンは実につら楽しかった。Betteridgeさんは日本におけるNOVAの一件をご存知でした。

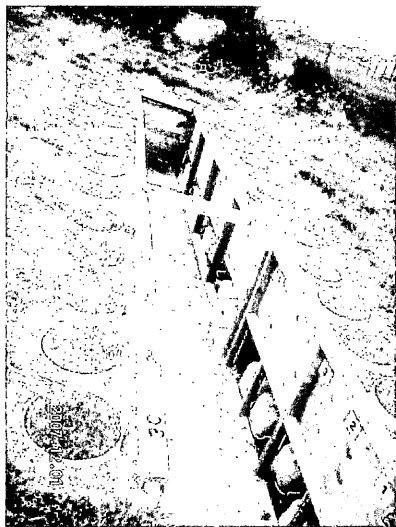
・Taupo

タウポは北島中心部に位置するタウポ湖の北側の町であり、各地から釣りをしにくるところらしい。周囲はすり鉢状になっており、降雨が集中するような地形になっている。湖の西側に畜産農家が集中しており、ここから流れ出した窒素が湖に流れ込むことが問題となっている（図参照）。



訪問した現地酪農家の圃場では、牧草地を0.4haごとに区切り、それぞれ放牧強度を変え

たり硝化抑制剤を使ってみたり色々条件を変えることで、地下に浸透する窒素の量などを検討していた。また、円筒状の塩ビパイプに土壤を詰め牧草を生やし、下にポリタンクを用意して地下に浸透する窒素について基礎的な実験を行う場所も見せてもらった(写真参照)。リンカーン大学の発表もこのような実験設備を用い、クローズドチャンバー法によって N_2O の放出を評価していた。



一通り説明を受けた後、試験圃場の牧場オーナーが現れた。実験圃場に設置してある簡易トイレを洗い、寝かせてあったらしく、それを立てるために来たとのこと。手伝う流れになったので手伝った。「ニュージーランドで何してきたの?」って聞

かれたら、俺はニュージーランドでトイレを設置してきた! って答えてやりな、がっはっは。」ほほう、これがキーウィジョークか。

タウポで約1ヶ月のクリスマス休暇を過ごすBettridgeさんとお別れし、オークランドまで車で移動し1泊した後、NZ航空で日本に帰ってきた。NZ航空には日本語を話す搭乗員がおり、なかなか快適であった。

・さいごに

畜産業からのGHG排出と削減に関係する海外の研究者の発表を直接聞くことが出来、よい経験となった。日本と外国の違いを感じる事が出来たし、今の自分に必要なものが見えた気がした。特に、海外の研究者と対等に議論するための英語力がどうしても必要であると感じた。意志の疎通だけでは絶対的に不十分である。当たり前のことではあるが、ディベート出来るくらいの英語力が必要であると痛感した。

また、海外の研究者は温和な方が多く、学会そのものの雰囲気も明るく楽しいものであった。日本の学会とはそういう意味では雰囲気が違ったような気がする。研究そのものはもちろんのこと、それだけでなく働き方やライフスタイルなどについても海外の研究者に学ぶべき点は多いと感じた。



オークランドの夜とスカイタワー