

環境への影響をどのように評価するか ー環境負荷ガスについて考えてみようー

長 田 隆

北海道農業研究センター畜産草地部 札幌市豊平区羊ヶ丘1 〒062-8555

1. はじめに

「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」が2004年11月に本格施行となりました。この環境保全に関する規制強化に伴い各農家で経営実態に応じた具体的な改善策が実行され、北海道ではおおむね法規制を遵守できる体制が整ったと聞いております。1999年に本法律が施行されて後、5年の期間があったものの、ここまで農家に対して対策を推進してこられた関係者のご努力には敬意を表するところです。もちろん、その中心となる道内畜産農家の方々の高い環境配慮の意識無くてはなし得ない事です。

しかしこれが環境対策の終着ではありません。環境問題へ国民の関心が高まる中、規制はさらに厳しいものとなるでしょう。酪農経営は日本人の健康や体格向上に不可欠な乳製品を供給する重要な生産現場です。数世代の後も、きっと酪農は日本に必要です。懸念される環境負荷に対しては、自ら検証して確認を行い、その問題点を解消する努力を示す事が必要だと思います。

本稿は、「ポスト「家畜排せつ物法」を考える」のテーマの一つとして、環境に負荷となることが懸念されつつある発生気体（ガス）についてご紹介いたします。

2. 背景

環境問題への関心の高まりから、生産現場から発生する環境負荷に関して以前にも増して厳しい目が注がれています。畜産経営においても、農林水産省生産局畜産部（2002年）の調べによれば、畜産経営を起源とした苦情発生状況は近年一貫し

て減少しているものの、依然として悪臭関連と水質汚濁関連で千件を越えているのが現状です。

水質汚濁に関しては、環境省環境管理局水環境部による「平成12年度地下水質測定結果」（平成13年12月公表）等による、網羅的な環境負荷源の把握が進み、特に農業系に関わりの深い硝酸性窒素の汚染に関して「硝酸性窒素による地下水汚染対策の手引き」（2002）が策定されています。家畜排泄物の不適切な取り扱いが、閉鎖性水域の富栄養化、硝酸性窒素やクリプトスポリジウム（原虫）による水質汚染の一因となることが指摘され、「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」が1999年に施行されました（畜産環境をめぐる情勢：農林水産省畜産環境対策室、平成16年11月版）。2004年11月に本法律が本格施行となり、地下水汚染防止に関しては環境負荷削減への取り組みが強化されました。

これに対し畜産の悪臭等の気体に関しては、悪臭防止法の規制物質についても畜産経営内での定量的な発生実態の把握は限定的なものにすぎません。これに加え、酸性雨原因物質としてアンモニア、地球温暖化の原因物質としてメタンと亜酸化窒素が、新たに畜産系からの環境負荷として対策を求められています。

我々は、1999年より畜産廃棄物処理に関わるLCA解析を目的としたインベントリーデータ集積のための研究を開始しました。環境負荷ガス発生の大いふん尿処理施設等における発生原単位の算定と発生量変動要因の解析を小型試験装置によって行うと共に、農家調査を行って対象となる環境負荷ガスの発生実態を検討してきました。こ

これらのガスは、できうる限り放出させないに越したことはないものです。アンモニアは臭気でありかつ酸性雨原因物質として、メタンと亜酸化窒素は温室効果ガスとして広域の気候変動に関わると指摘されているからです(Hartung J. and Phillips V.R.1994,長田2001)。問題点があれば早めに捉えて環境負荷削減への取り組みをしていく必要があると思います。

この取り組みは、杞憂を杞憂のまま終わらせて後代の生活環境にツケを残さない畜産業の確認・確立とともに、作業員や家畜の健康にも重要な情報の提供を目指しています。

3. 測っているガス（アンモニア、メタンと亜酸化窒素）の環境負荷とは？

◎アンモニアについて

全ての事が判っているわけではありませんが、少なくとも、アンモニアは悪臭として、また酸性雨の原因物質として環境負荷を起こしていることが判っています。ご存じのように、アンモニアは畜産の悪臭物質としては最も大量に放出される物質です。日本では酸性雨の原因としてではなく、臭気問題では真っ先に削減・抑制が取り組まれています。

欧州では降雨として1ヘクタール当たり40kgの窒素が年間降下すると言われ、その主犯である畜産業からのアンモニア揮散の抑制が急務になっています。この降雨中の窒素量は、1991年にEU(当時EC)で採択された硝酸塩指令(地域内の地表水(沿岸海水、河川、湖沼)および地下水の水質保全を目指して制定された環境保全のための共通規制)で、1ヘクタール当たりの最大飼養頭羽数を1999年からふん尿含有窒素210kg/年相当、2003年からは170kg/年相当とする基準に照らしても、多量の窒素が水田、畑地や湖沼に区別無く降り注いでいることとなります。こうした酸性物質の大量な流入により、プランクトンや水生植物

が減少し、これを餌にする魚類が湖沼で減少し、また種類によっては卵のふ化やえら呼吸に支障をきたして姿を消していくと報告されています。実際に北欧では酸性化により生き物の住めない湖沼が1960年代から目立ち始め、スウェーデンの湖沼の約20%で魚が死滅したとの報告もあります。さらに、アンモニアなどが変化してできる窒素化合物(NOx)による酸性降下物は、硫黄化合物(SOx)よりも土壤中の移動性が高く、植物栄養の最も重要な物質であることから生態系への影響が大きいと指摘されています。オランダやドイツの森林の約半分が衰退あるいは枯死しています。スラリー処理を基本とする欧州では、窒素化合物に起因する酸性雨の大部分が畜産由来であると報告され、酸性雨被害が最も深刻なドイツでは、ドイツ国内の自動車からの負荷(54.8万t)と同程度が畜産からの負荷(50万t)であると試算されています。EU各国を中心に発生抑制に行政が取り組みを始めています(Gothenburg protocol, 1999年)。

国内の降雨データによれば日本でも数十キロの窒素が降下している現状です。欧州とはふん尿処理の体系が異なりますし、また十分な測定事例がありませんが、日本でも欧州並みにアンモニア揮散が起きている事を否定する事実はありません。

◎メタンと亜酸化窒素について

メタンと亜酸化窒素は、その温室効果のため、排出が地球の温暖化の要因として認識されています。IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change、気候変動に関する政府間パネル)という温暖化現象についての科学的知見を集積している国際機関は、地球の平均気温は、高さ8kmまでの大気において、過去40年間上昇し、地球の平均地上気温は、20世紀に約0.6℃上昇したと報告しています。数字を示されずとも、ここ数年間の酷暑や桜の開花の異様な早さが、この温暖化の現れではないかと指摘する専門家もおります。この温

暖化の主犯が人間活動から排出される温室効果を持ったガスの大気中での濃度上昇であり、メタンと亜酸化窒素もその一つであるとされています。

温室効果とは太陽からの熱エネルギーをガスである気体分子が吸収し、地球を温室のように暖めることです。もし仮に、これらの温室効果ガスが大気中に全く存在しなかった場合、地球の表面温度は平均マイナス18℃の極寒の星となるため、地球表面の多くの生命にとって一定濃度が不可欠でもあるわけです。産業革命以降の人間活動のため、これら温室効果ガスの濃度はそれ以前に比べて加速度的に上昇しています。上昇する温室効果ガス濃度のために地球表面気温が上昇し、海面上昇や異常気象などを筆頭に、人間社会全体へ破滅的な影響をもたらす気候変動が地球規模で起こると予測されています。

この問題に対し、温暖化現象の制御を目指して締結されたのが京都議定書です。議定書の中で最も重要な温室効果ガスは二酸化炭素であり、大部分がエネルギー消費と輸送に関わる排出です。IPCC(2001)の報告書によれば、大気中の二酸化炭素濃度は、1750年以降31%増加し、過去42万年間で現在の二酸化炭素濃度を超えたことはなく、過去2000万年でも超えなかった可能性が高いと報告されています。これに次ぐ温室効果ガスがメタンと亜酸化窒素です。大気中のメタン濃度は、1750年以降1060ppb (151%) 増加し、さらに増加を続けており、過去42万年間で現在のメタン濃度を上回ったことはないそうです。また大気中の亜酸化窒素濃度は、1750年以降、46ppb (17%) 増加し、現在も増加を続けており、少なくとも過去1000年間で、現在の亜酸化窒素濃度を上回ったことがないとのこと。このため、京都議定書でもメタンと亜酸化窒素排出量の算定が行われ、日本の温室効果ガス総発生量として畜産からの排出も計上されています。日本は2008年からの約束年次に国内の温室効果ガス発生量の6%削減を約束しまし

た。その削減目標達成のためには農業系、とりわけ畜産系から発生の大いメタンと亜酸化窒素削減も重要なのです(図1)。

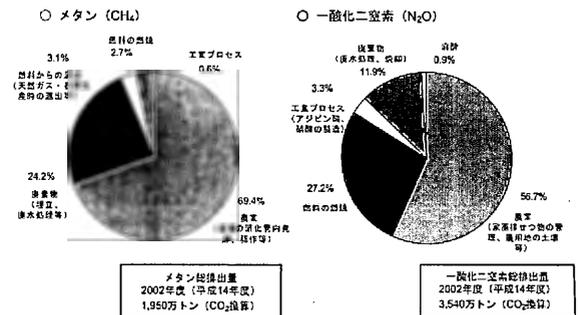


図1 メタンと亜酸化窒素の日本国内における人為的発生源 (環境省、2002)

4. どうやって測定しているのか

アンモニア、メタンおよび亜酸化窒素が当面、定量把握は必要な測定項目です。これらの濃度が、畜舎やふん尿処理施設でどのくらい濃度が高いかを調べています。高い測定値は、その施設内のどこからか、発生している場所があるということです。その場所を特定し、発生が継続的に起きているのか、一時的なのか、濃度の変化は大きいかなどを検討しています。発生には、当然、そこのあるふん尿等の状況が深く関わってきます。このため、畜舎内や処理施設のふん尿をガスと同時に採取しています(写真1)。測定データの検討によ



写真1 道内畜産農家の堆肥化施設でのサンプリング (酪農学園大学提供)

って発生の仕組みがよく判るようになり、管理によって発生する状態を回避する可能性が検討できると考えています。

また、処理からの排出量制御の施策を早急に検討する必要があります。主要な発生源は、堆肥化過程および污水处理過程ではないかと推定されているからです。現場のふん尿処理にちかい状態からの環境負荷ガス発生量を精度よく把握するための実規模に近い試験装置を試作し、各畜種の典型的な処理実態に合わせた試験を開始しています (Osada & Fukumoto, 2001)。

5. 試験装置

容積約13m³ (直径3m×高さ2.2m) のチャンバーを耐水性床に設置して測定を行いました (写真2)。チャンバー内空気は、インバータ制御による

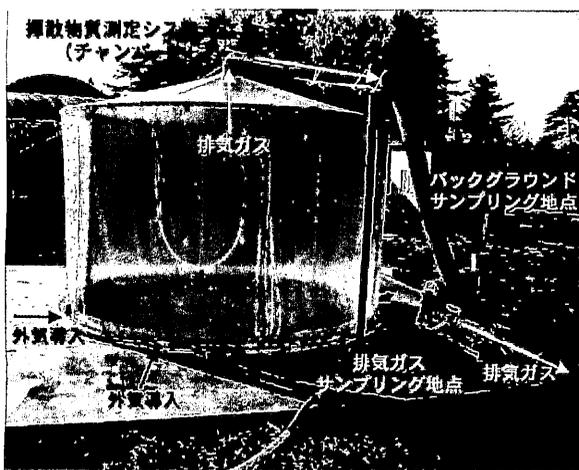


写真2 環境負荷ガス測定チャンバー (透明シートを使用した例)

送風機により天井中央部から一定流量 (常時約130m³/h) で吸引されます。このチャンバー内で1m³程度の排泄物処理 (堆肥化、乾燥や污水浄化処理を想定) を行い、導入外気 (吸気) と排気との各種ガス濃度を連続測定し、その差異と換気量との積で揮散物質の発生量を算出した。すなわち、
 放出量 E (mg/h) = (排気中の濃度(mg/m³) - 吸気中の濃度(mg/m³)) × 換気量 (m³/h)

得られた1時間毎の発生量から、各揮散物質の発生の期間変動および処理期間中の総発生量を評価します。

アンモニア (NH₃)、亜酸化窒素 (N₂O) およびメタン (CH₄) の測定は、Infrared Photoacoustic Detector (IPD, INNOVA, Multi-gas Monitor Type 1312, Multipoint Sampler Type 1309) を用いて連続測定しました。この測定法はFourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy detectors の一種であり、数秒間隔で多項目のガス分析が可能です (Osada et. al, , 1998)。換気量はピトー管法により測定、設定換気量はインバータで制御しました。

この測定装置を用いて、2002年夏期より各試験機関で実験を開始しました。搾乳牛ふんについては北海道立畜産試験場が、肥育牛ふんと豚ふんについては岡山県総合畜産センターが、鶏ふんについては熊本県農業研究センター畜産研究所が主体となって試験を行い、畜産草地研究所が試験計画を取りまとめています (現在は北農研)。各試験を実施した研究所内で通常飼育されている対象家畜のふんを用い、含水率調整におがくず (搾乳牛のみ麦わら) を混合して堆肥化の原材料とした。この混合物 (重量約300~1230kg) をチャンバー内 (写真3) に堆積し、定期的に切り返しをして、堆肥化開始から終了時までの数ヶ月間を検討しました。通常の堆積型堆肥化施設にあわせて直射日光による高温を遮る条件とするため、品質シート (裏面アルミ/表面黄色特殊遮光加工) と呼ばれる素材を

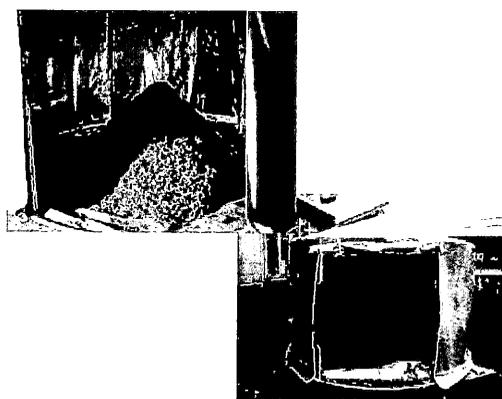


写真3 環境負荷ガス測定チャンバー (遮光シートを使用した例)

用いたシートをチャンバーに用いました。

6. 現在までで判ってきたこと

家畜ふんの堆積堆肥化過程での環境負荷ガス発生は、畜種間で大きく異なる事が判りました。アンモニアの揮散に関しては、これまでも鶏ふんや豚ふんで発生が顕著である事が報告されてきました。この試験結果はこれまでの結果を支持するものです。また、メタンの発生が堆積物の含水率が極めて高い状況の搾乳牛ふんで顕著であることも、これまでに行ってきた小型試験からの想定通りでした。しかし、亜酸化窒素については鶏ふん堆肥化過程でほとんど発生が無く、豚ふんや肥育牛ふんの堆肥化で発生が顕著であるなど、畜種間での差異が新たに観測されました。また、搾乳牛ふんと豚ふんの亜酸化窒素発生の結果から、条件によって発生率が大きく変わることも推察されました。測定事例を積み重ねて発生抑制を目指し、変動の要因の検討を急ぐ必要があります。

7. ここから

“広域の”、“地球環境の”と大上段に振りかぶらずとも、ガス濃度は畜舎内では作業員や家畜の健康に直結する条件です。ふん尿処理施設においては臭気の問題としても無関心でおられる方はいないはずです。研究が進めばガス濃度の測定結果から、畜舎のふん尿の状態や処理施設での処理状況の大まかな把握ができるようになり、ふん尿の取り扱いに関する、よりの確かなアドバイスも可能になると思います。

畜産業は、多くの問題を指摘されていますが、廃棄物の殆どをリサイクルしている地球に優しい産業です。ふん尿の取り扱いやリサイクルの方法にすこし問題があるだけなのです。これからのリサイクル社会のトップランナーとして、胸を張って経営を続けられるように、我々もそのサポートを行っていきたいと考えています。

引用文献

- 1) 農林水産省生産局畜産部(2002): 畜産経営に起因する苦情発生状況
- 2) 環境省環境管理局水環境部(2002): 平成12年度地下水質測定結果(平成13年12月公表)
- 3) 環境省水環境部地下水・地盤環境室編(2002): 硝酸性窒素による地下水汚染対策の手引き、公害研究対策センター
- 4) 農林水産省畜産環境対策室のページ(2004): <http://www.maff.go.jp/chikukan/>
- 5) Hartung J. and Phillips V.R.(1994): Control of gaseous emissions from livestock buildings and waste stores. J. Agric. Res. 57, 173-189.
- 6) 長田隆(1999): 家畜排泄物からの環境負荷ガスの発生について [総説] 日本畜産学会誌, Vol. 71, No. 8, 167-176.
- 7) The 1999 Gothenburg Protocol to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-level Ozone (1999): http://www.unece.org/env/lrtap/multi_h1.htm
- 8) Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Climate Change 2001 - Mitigation-(2001) Section 3.6 Agriculture and Energy cropping, Cambridge University Press, UK.
- 9) Osada T., Hans Benny Rom and Preben Dahl (1998): Continuous Measurement of Nitrous Oxide and Methane Emission in Pig Units by Infrared Photoacoustic Detection, Transaction of the ASAE. Vol 41, 1109-1114.
- 10) Osada, T. and Fukumoto, Y. (2001): Development of new dynamic chamber system for measuring harmful gas emission from composting livestock waste. Water Science and technology, vol.44, No.9, 79-86.