

デンマークにおける悪臭対策

デンマーク オーフス大学 工学研究所

高井 久光

1. はじめに

「パンケーキのように平らな国」とデンマーク人は自国の地形を表現する。国土の62%が農用地である。よって、自然環境に対する農業者の責任は大きく、厳しい環境規制が農業に課せられている。悪臭問題とそれに関する規制も環境規制との関連で理解する必要がある。

畜産に関連する悪臭で問題となるのは主に家畜ふん尿(主にスラリー)を畑に施肥するときに発生する悪臭と畜舎からの悪臭である。環境規制によりふん尿を施肥してよい期間が限られているので、ふん尿施肥にともなう悪臭問題はこの期間に集中する。畜舎からの悪臭は継続的であり一年中いつでも近隣住民とのトラブルの原因になりうる。本稿

の目的は、これらの悪臭に関するデンマークにおける対策を報告することである。

2. デンマーク農業の概要

(1) 概要

農産物の3分の2を輸出する農業はデンマークの経済を支える柱の一つである。食糧の輸出総額は総輸出額の17%、バイオ関連及び農業技術関連の輸出も加えると25%になる¹⁾。

表1に2002年と2012年におけるデンマーク農業の主要データを示す。耕地面積、農業従事者数は同レベルで推移している。牛乳生産量は約9%上昇し、豚肉生産量は同レベルとなっている。豚肉の生産量が伸びない原因は色々考えられるが、旧東欧からの競争、飼料代の高騰、環境規制と悪臭問題など養豚業界を取り囲む環境の変化(悪化?)が主な原因と思われる。

表1 2002年と2012年におけるデンマーク農業の主要データ¹⁾

		単位	2002年	2012年	推移 %
耕地面積	総面積	千ha.	2,653	2,645	-0.3
農業従事者	総数	千人	69.0	68.6	-0.6
畜産総生産量	牛乳	百万kg	4,590	4,995	8.8
	豚肉	百万kg	1,892	1,902	0.5
農家数	<100 ha	千戸	40.8	31.9	-21.8
	100~200 ha.	千戸	5.9	4.7	-20.9
	>200 ha.	千戸	1.7	3.3	96.9
	総数	千戸	48.4	39.9	-17.5
畜産の生産効率	乳量	kg/(頭・年)	7,800	9,019	15.6
	子豚生産	頭/(母豚・年)	23.7	29.1	22.8

(2) 農家数

農家数の推移を見ると、小規模農家数が減少し大規模農家数(200ha以上)が増えていることがわかる(表1)。このことは、畜舎の大型化にともない家畜が集中し、悪臭源の強度が増す恐れがあることを意味し、この傾向は今後も続くと思われる。また、農家数が減少する一方、農村地帯に住む非農家数が増え、それらの人々へのより多くの配慮が求められることも意味する。

悪臭公害の正確な評価は難しいが、誰にでも感覚できる公害である。そのため、争いごとに発展する恐れがあり、自治体は畜舎建設の許可に慎重になりがちである。農場経営者にも、近隣住民への配慮、特に悪臭公害を抑制する努力が求められている。

(3) 畜産

畜産の生産効率を見ると、わずか10年の間に乳量は約16%、子豚生産は約23%も上昇したことが分かる(表1)。後継者は先代がクリヤーしていた生産効率よりも高い効率を実現しなくてはならなくなる。趣味の色合いが濃い小規模兼業農家を除けば、農業後継者は経営者としての優れた資質を要求される。

(4) 農業者の育成

そのような農業者を育成する農業教育制度はデンマーク農業の重要な柱である。その理事者は農業者である。また、農業者が所有する支援組織とアンデルス企業^注(ダーニッシュクラウン、アラー、DLGなど)及びデンマーク農業&食糧委員会(Danish Agriculture & Food Council)などの業界組織も重要な柱である。デンマークの農業者は生産、加工、販売、教育、普及という農業のあらゆる側面を把握している。悪臭という、技術や金だけで解決できない複雑な課題に対してもいずれ解決の道を見つけるのではないだろうか。

注:アンデルス企業・組合員が会社の持ち主となる組合企業。

3. デンマークで採用されている臭気測定法

臭いの強さの測定には動的オルファクトメーター法が用いられている。人の嗅覚を用い臭気濃度を測定する。臭気濃度は臭気を無臭の空気希釈したときにちょうどにおわなくなったときの希釈倍数であり、その単位はオーダーユニット(OUE)である。1 OUE/m³は標準状態の空気(0°C、1気圧)1m³に閾値濃度で存在する臭いである。Eはヨーロッパスタンダードを表す。採用されている参照単一物質はn-ブタノールである。同物質の濃度が40ppbのとき1オーダーユニットに相当する。

臭気濃度と日本で採用されている臭気指数とは下記の関係にある:

$$\text{臭気指数} = 10 \times \log(\text{臭気濃度})$$

日本で採用されている三点比較式臭袋法と動的オルファクトメーターによる測定結果は概ね一致する²⁾。

日本の悪臭防止法で指定されている特定悪臭物質に相当する規制はデンマークにはない。畜産由来悪臭に対応できる悪臭物質を特定することをテーマとしている研究グループは存在するが、法規制に織り込まれる段階にはいたっていない。

従って現行法では、悪臭源(例:畜舎排気チムニー)における臭気濃度を測定し、それに排気エア流量を掛けることで臭気排出強度(OUE/秒)を算出している。

4. 法規制

畜産由来悪臭に関する法規制は環境省が管轄し「畜産の環境許可などに関する法律」(環境省2009)³⁾とそれに基づく幾つかの行政命令が現行法である。一方、畜産施設の建

設、改築、飼養規模拡大などに必要な許可を与える権限は地域の事情を加味できる自治体にある。建設許可の判断基準の柱は、施設の位置(市街地ゾーンなどとの距離)及び不快臭距離である。

(1) 施設の位置

施設の位置に関する主な規制は下記の通りである。

- ◎下記地域内で汚染増加をともなう畜舎などの新設または改築・拡張及び家畜放牧は許可されない：
 - ①市街地又は別荘地及びその計画がされている地域
 - ②農村ゾーン内で住宅、商業及び公共施設の建設が地域計画に盛り込まれている区域
 - ③上記①と②の地域から50m以内
 - ④隣家から50m以内
- ◎畜舎、堆肥置き場、スラリータンクなどは下記の場所に建設・設置してはならない：
 - ①川及び100 m²以上の湖から15m以内
 - ②公道及び共同使用されている私道から15m以内
 - ③農場内の住宅から15m以内
 - ④隣家との境界から30m以内
- ◎下記の地域内での豚(体重35 kg以上)の放牧は許可されない：
 - ①隣家との境界から50m以内
 - ②隣家の住宅が境界から50m以上離れている場合は、住宅から100m以内

(2) 不快臭距離

1) 不快臭距離とは

不快臭距離とは臭気濃度が許容濃度を上回る確率が1%以下の地点と悪臭源との距離である。畜舎建設などの許可は、不快臭距離

内に住宅や市街地が入っていないことを前提とし、それが守れない場合は原則として建設は許可されない。

2) 不快臭距離の推定

(シミュレーション)

この不快臭距離を推定するためのコンピュータプログラムが用意されており、畜舎建設許可に不快臭距離推定が必要な場合に供されている。大気汚染分散モデルをベースにしたOMLというコンピュータ・シミュレーション・ソフトである⁴⁾。悪臭物質が運ばれる方角と距離は多くのファクター、例えば畜舎形状と位置、排気チムニーの高さと位置と数、気象状態、地形、木や周辺建造物などに影響される。OMLは、当該畜舎及びその周辺の地形などのデータをインプットすると、時間毎に測定された過去の気象データをもとに畜舎を中心とした全ての方向の臭気濃度を計算し毎月の99パーセント点をアウトプットする。これをもとに許容臭気に対応する等臭気濃度線を求める。

3) シミュレーション結果の例

図1は、環境省のガイドラインに紹介されているシミュレーション結果の例である⁵⁾。許容臭気濃度5, 7, 10, 12 OU_E/m³ (デンマーク語表示: LE/m³)の99パーセント点に対応する等臭気濃度線(不快臭距離)が黒い線で示されている。例えば許容臭気濃度が7OU_E/m³の場合、黒い線で示された7LE/m³線の外であれば許容濃度以上の悪臭にさらされる確率は1%以下ということになる。等臭気濃度線は方角により異なるが、それが使用した気象データに起因する場合は最大不快臭距離(赤い線を表示)を、畜舎条件(建物の位置・方向など)に起因するのであれば等臭気濃度線を参考にして建築許可の可否を判断する。排気チムニーが高い場合は、建物の影響が少ないので最大不快臭距離を参考にする。

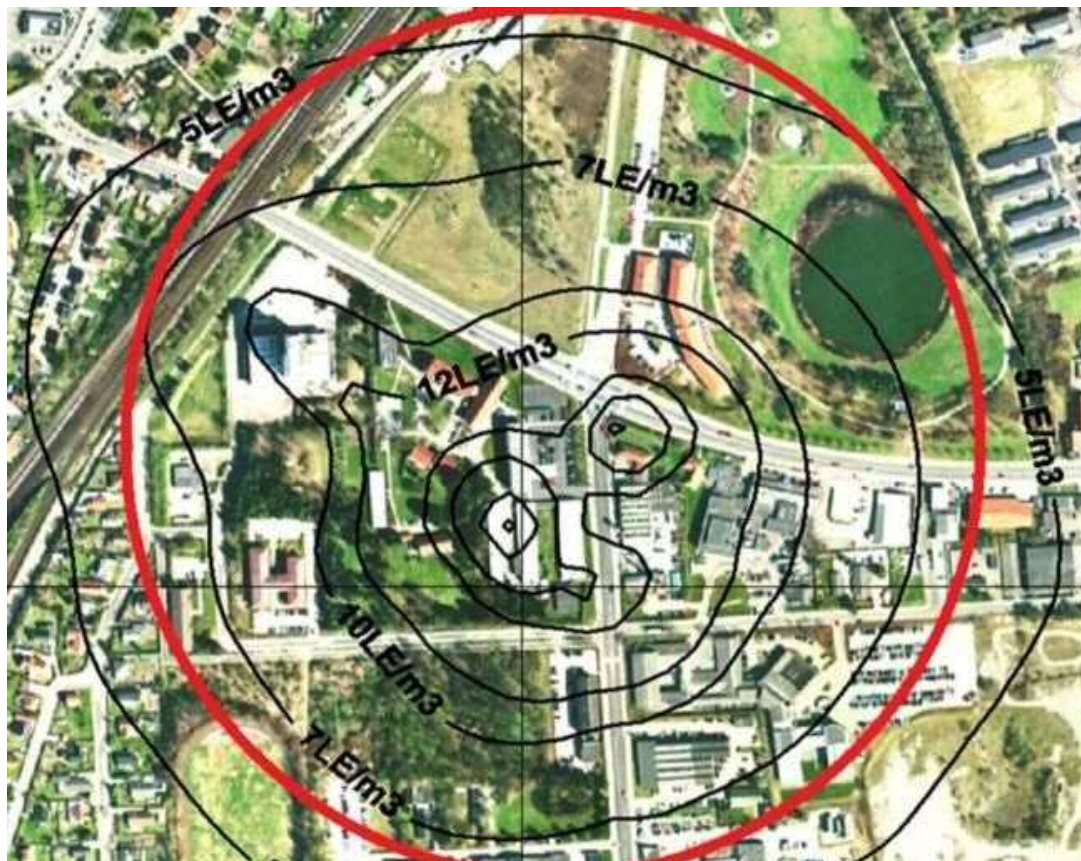


図1 コンピューター・シミュレーション・ソフト OML による許容臭気濃度⁵⁾
 (5, 7, 10, 12 OU_E/m³ (デンマーク語表示: LE/m³) の99パーセント点 (黒線で表示)
 の推定事例。この線と悪臭源 (畜舎) の距離が不快臭距離である。)

旧バージョン OML では、使用する気象データとして1976年1年間のデータ使っていたが、新バージョンでは過去10年間の平均値も使えるようになった。ガイドラインでは、どちらを使っても良いとしているが、推定結果の解釈に多少の違いがあることを指摘している。

4) 不快臭距離の算定

不快臭距離を概算するためのグラフが用意されている(図2)⁶⁾。標準的な畜舎、標準的な換気システム、標準的な周辺条件を仮定して計算された不快臭距離を求めることができる。X軸は臭気排出強度である。これは官能試験によって得たデータを基にして決められた標準臭気排出強度から算出する(表2)⁷⁾。

例えば、母豚300頭を飼養する分娩豚舎が排気する標準臭気排出強度は72 × 300 = 21,600 OU_E/秒である。図2にこの値を適用すると許容臭気濃度が5, 7, 15 OU_E/m³の場合、不快臭距離は各々約210m、150m、50mとなる。

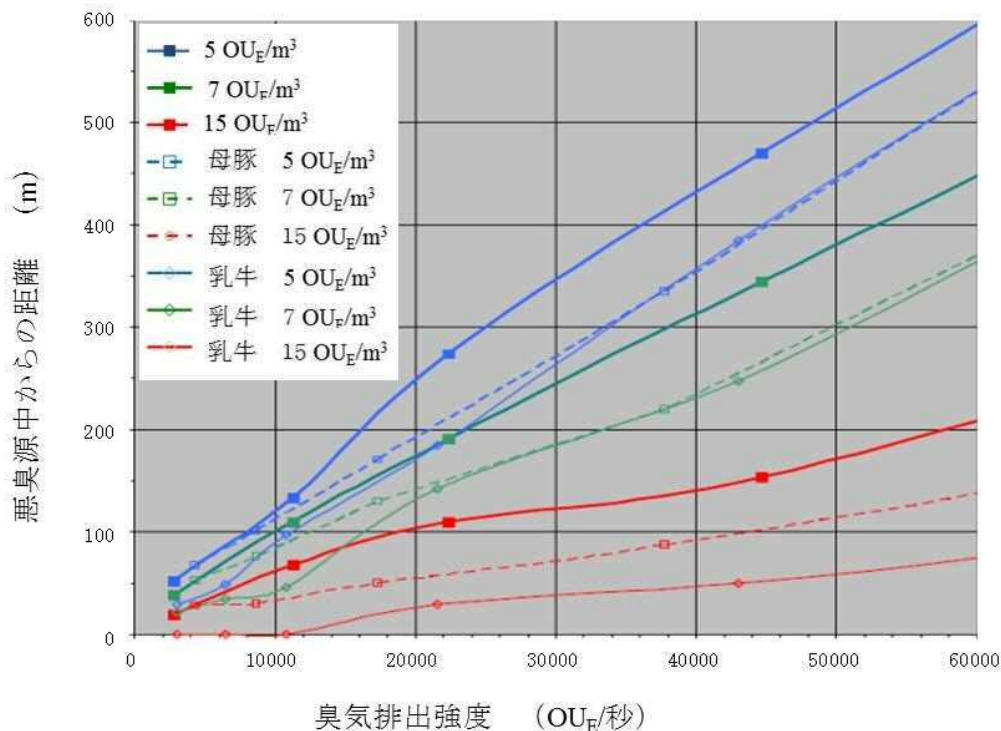


図2 標準的畜舎、標準的周辺環境の場合はこの図で不快距離を概算⁶⁾
(臭気濃度5, 7, 15 OU_E/m^3 に対応する不快距離。)

表2 標準臭気排出強度⁷⁾

家畜の種類と畜舎システム	臭気排出強度
母豚(空胎・妊娠豚舎)	16 $OU_E/秒/頭$
母豚(分娩豚舎)	72 $OU_E/秒/頭$
母豚(その他の豚舎)	100 $OU_E/秒/頭$
子豚 7~30kg(子豚舎)	380 $OU_E/秒/1000kg$
肥育豚 30kg~(一部スノコ床)	300 $OU_E/秒/1000kg$
肥育豚 30kg~(その他)	450 $OU_E/秒/1000kg$
牛、羊、ヤギ、馬用畜舎	170 $OU_E/秒/1000kg$
雌鶏(通年飼養、平飼い、鶏小屋)	160 $OU_E/秒/1000kg$
雌鶏(通年飼養、ケージ飼い)	220 $OU_E/秒/1000kg$
雌鳥、ガチョウ、アヒル、七面鳥その他	400 $OU_E/秒/1000kg$
肉用鶏	400 $OU_E/秒/1000kg$
ミンク(通年飼養、雌)	7 $OU_E/秒/頭$

5. 毛皮用動物ファームからの悪臭

デンマークは世界一のミンク生産国といわれている。ミンク毛皮の年間生産量は

1,720万本で、重要な輸出産業の一つであり、成長産業である。しかし、肉食動物を飼養するミンク・ファームは特殊な悪臭を放つため

か、ミンク・ファームからの悪臭問題がメディアに取り上げられるようになった。

ミンクなど毛皮用動物の施設に関しては特別な行政命令が施行されている。例えば、市街地や商業及び公共施設の建設が地域計画に盛り込まれている区域では毛皮用動物ファームの建設は禁止されている。また、1万頭以上の繁殖メスを飼養する施設と上記地域との最低距離はキツネの場合400m、その他の毛皮用動物の場合300mである。

6. 農場からの悪臭に関する抑制技術

(1) 農家普及のための指針

悪臭を原因とする近隣住民とのトラブルは畜産農家にとって大きな負担となる。感情的なトラブルに発展しないためには適切な対応が必要である。そのため、農業普及組織は下記のような手段を助言の指針としている⁸⁾：

- ①隣家などとの距離を増す
- ②周辺に木を植える。
- ③排気口設置高さを増す
- ④バイオフィルターなどで排気エアーを浄化する
- ⑤尿、ふん、サイレージ液で湿った部分を制限する
- ⑥畜舎の洗浄、腐敗したサイレージを取り除くなど、より良い衛生状態を保つ
- ⑦スラリーなど悪臭源の温度を下げる

①～③は混合・希釈、④は浄化、⑤と⑥は悪臭源の除去或いは悪臭強度の低減、⑦は悪臭発生速度の低減による臭気排出強度の低下が作用原理である。

環境省、森・自然局が設定した技術部門ワーキンググループは下記3技術の減臭効率を60～90%と評価した⁹⁾。

(2) 排気エアーを一箇所に集め高いチムニー(排気口)から排出

排気エアーを高所から排出すると地上で感じる臭気強度が減少する。ゆえに、農場内複数箇所に設置された吸引ダクトからのエアーを一本の高いチムニーに集めて排出するのは有効な手段である。しかし、複数の吸引ダクトからエアーを集める装置に建設費が掛かる。

一般的な条件の場合、高いところから排出された排気エアーはそれに応じて(下向きの気流がなければ)地上に達するまでの時間が長くなり大気との混合が増し臭気濃度が下がる。しかし、建物の高さとの関係も重要である。建物の風下側には渦が発生するため、排出エアーがその渦に巻き込まれて、地上に降りてしまわないようにする必要がある。そのため、チムニーの高さを畜舎高さの3倍程度にする必要がある。排出エアーの流出速度を増すことで実質的に排出高さを増すことも可能である。

(3) バイオフィルター

1) 特徴

減臭または不快さの少ない臭いに変える効果に優れている。固定担体に成長したバイオフィームに臭気が吸収されることで減臭する。固定担体としては麦わら、木屑、バーク(木の皮)などが使われる。麦わらを担体として使った場合は毎年交換する必要がある。この装置も、複数の吸引ダクトからエアーを集める装置が必要である。

2) システムの概要

大きなフィルター面積が必要なことも実用化の障害となる。250m³/時の排気エアーに対して約1m²のフィルター面が必要なため、広い場所を必要とする。例えば、肥育豚1頭あたりの最大換気量は100m³/時であるので、肥育豚1頭当たりのフィルター面積は0.4m²

となる。「豚の保護に関する行政命令323」(法務省、2003)¹⁰⁾によると、平均体重85～110kgの群飼養肥育豚の1頭当たりの最低床面積は0.65m²である。餌箱と通路も含めると1頭あたりの畜舎面積は約0.8m²。つまり、畜舎広さの約半分のフィルター面積が必要なのである。フィルターの厚さを増すことでフィルター面積を小さくすることは可能だが、圧力損失が増すため、送風機のエネルギー消費が大きくなる。

(4) トリクル・バイオ・フィルター

1) 特徴

畜舎換気システム及びモニターシステムのメーカーSkov社(本社デンマーク)が開発し、Farm AirClean(ファーム・エアークリーン)と言う商標で実用化された畜舎換気エア

ー浄化装置である¹¹⁾。減臭または不快さの少ない臭いに変える効果に優れている。

2) システムの概要

既に日本にも紹介されている装置であるが、システムの作用行程を簡単に説明する。装置の主な構成要素は前フィルター、後フィルター、散水装置及び換気ファンである(図3)。換気ファンによって畜舎から吸引される空気には臭気成分やアンモニア及びかなりの量のダストが含まれている。前フィルターに設置されている自動洗浄装置はフィルターがダストで詰まることを防ぐ役割を果たしている。畜舎排気エアに含まれている臭気成分とアンモニアはフィルターに付着成長する微生物により無臭或いは不快さの少ない臭い成分に変えられ、排気チムニーから外に排出される。

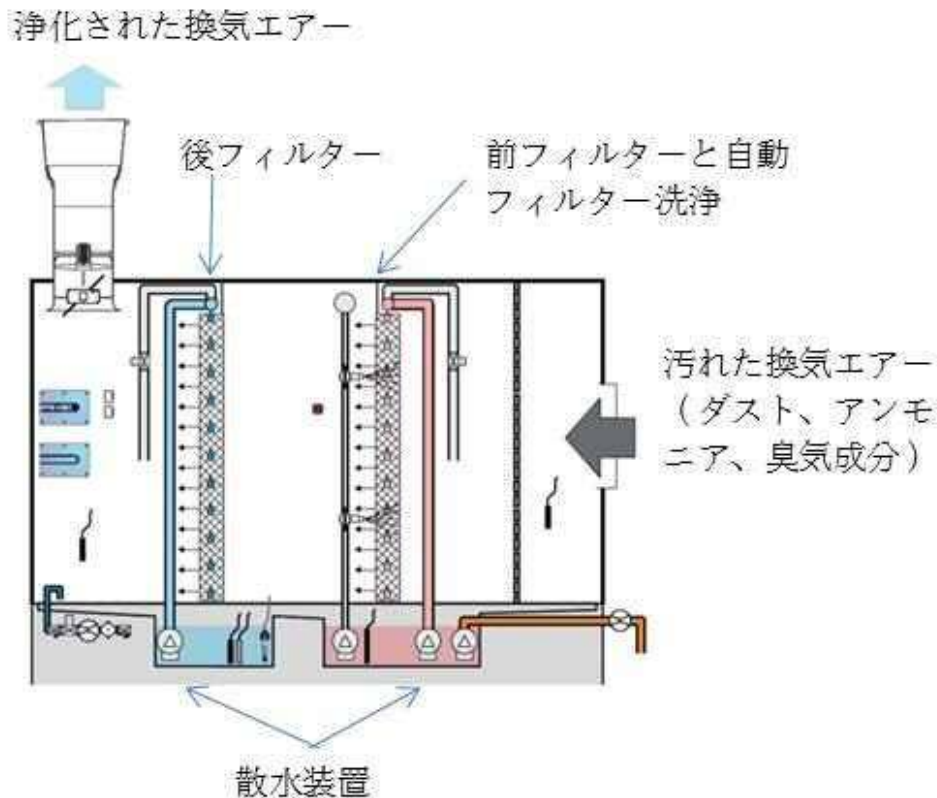


図3 SCOV社のトリクル・バイオ・フィルター (Farm AirClean) の概念図

臭気成分はフィルターに固定された微生物によって取り除かれる。その為フィルターには少量の水が上から降り掛けられ(トリクルされ)適度な水分が保たれるようになっている。前後両フィルターは微生物固定担体の役割を果たしているわけだが、それぞれのフィルターには専用の水循環システムが供されており、その水質も異なるものと思われる。詳しくは Skov 社の URL を参照願いたい。

以上、減臭効率が認められている3技術を紹介したが、デンマークでこれらが普及しているわけではない。その主な原因は養豚業界の経済状況によるとと思われる。2008年から2013年までの期間における豚舎への投資インデックス(生産レベル維持に必要な計算上の投資額に対する実績投資額の割合)は20~38%であった¹²⁾。新たに建設される豚舎が少なく、上記技術導入の機会が少なかったことも普及が進んでいない理由の一つであろう。

7. 研究開発活動

(1) 研究開発の動向

デンマークで農業と悪臭に関する研究開発が盛んに行われたのは2000年代である。その背景に畜舎(特に豚舎)からの悪臭と畑に施肥されたスラリーからの悪臭が問題視され、当時スタートした環境規制「水環境計画3」に悪臭対策が盛り込まれ、続いて研究予算申請の窓口が増えたためである。また、養豚業界が悪臭問題の解決に積極的に取り組んだことも多くのプレーヤーが参画した大切な要因だったと思う。

最近、前出のミンク・ファームからの悪臭以外は、畜産関連の悪臭問題はほとんどメディアで取り上げられていない。全ての問題が解決したわけでは勿論ないが、法規制の整備と業界の努力がある程度成果を出しているためだと思われる。もう一つ考えられることは、養豚業界が不況なため、問題になりやすい大規模な拡張計画がないためにメディアの「ネタ」にならないのだろうと思える。

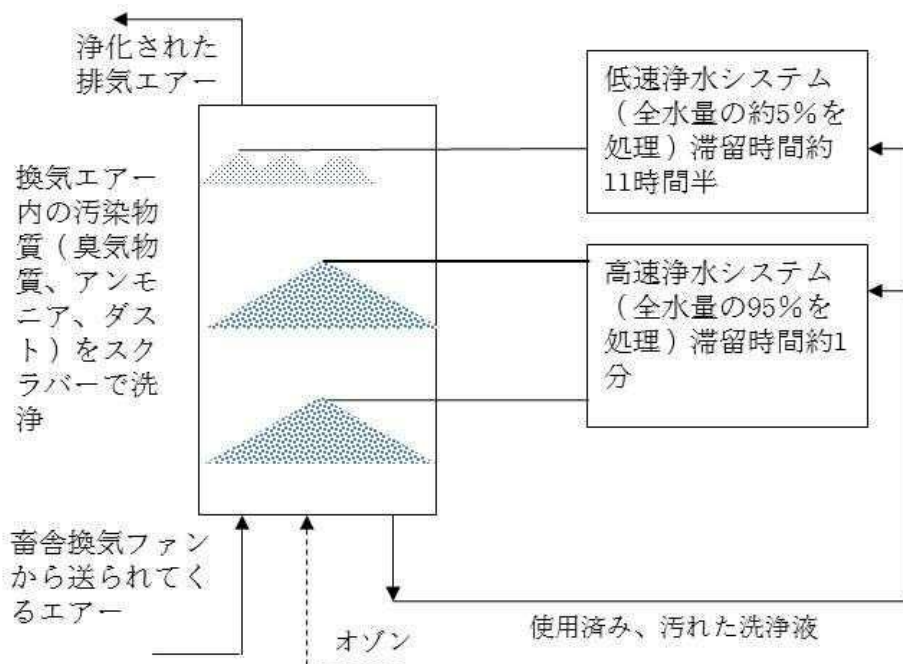


図4 畜舎排気エアークラシフィケーター+オゾン+浄水施設のシステム・ダイアグラム

(2) 共同研究開発プロジェクト

1) 概要

国立畜産研究所、オルボー大学、玉川大学が2000年代に実施した共同研究開発プロジェクトを紹介したい。前出の排気エアークリーニング技術はいずれも複数の排気口から排気エアークリーニングを一箇所に集めて処理する必要がある、それにとまらぬ設備費が問題となった。そこで、畜舎の排気ダクトをスクラバーに置き換え、排気エアークリーニングを洗浄し、汚れた水を一箇所に集めて浄水処理し循環するシステムのプロトタイプを開発した。

2) 畜舎排気エアークリーニング装置

図4にそのシステム・ダイアグラムを示す。畜舎からの排気エアークリーニングはスクラバー底部に吹き込まれ、3段階に分かれて噴霧される洗浄液と接触する。最下段と中段のノズルからは大量(全洗浄液の約95%)のpH7に調整された洗浄液が噴霧される。最上段のノズルからは全洗浄液量の約5%に当たるpH約5.5

に調整された洗浄液が細かい水滴となって噴霧される。オゾンがスクラバー底部に注入することもできる。下2段のノズルには高速浄水システムから洗浄液が供給され、最上段のノズルには低速浄水システムから洗浄液が供給される。

3) 高速浄水システム

高速浄水システムは多段トリクル・バーク・フィルターである。柳の枝で織られたトレイの上にバークを置いたものを一定間隔で積み重ねたタワーの上からスクラバーからの洗浄液を注ぎ掛けることで洗浄液に含まれているダストを取り除き同時にpH7に調整し、スクラバーに循環する。滞留時間は約1分。処理能力が大きいことが特徴である。低速浄水システムはセミアノキバイオリアクターと好気バイオリアクターからなる。洗浄液の約5%を処理する。当実験に供したリアクターでの滞留時間は約11時間半であった。洗浄液はpH5.5まで調整された。

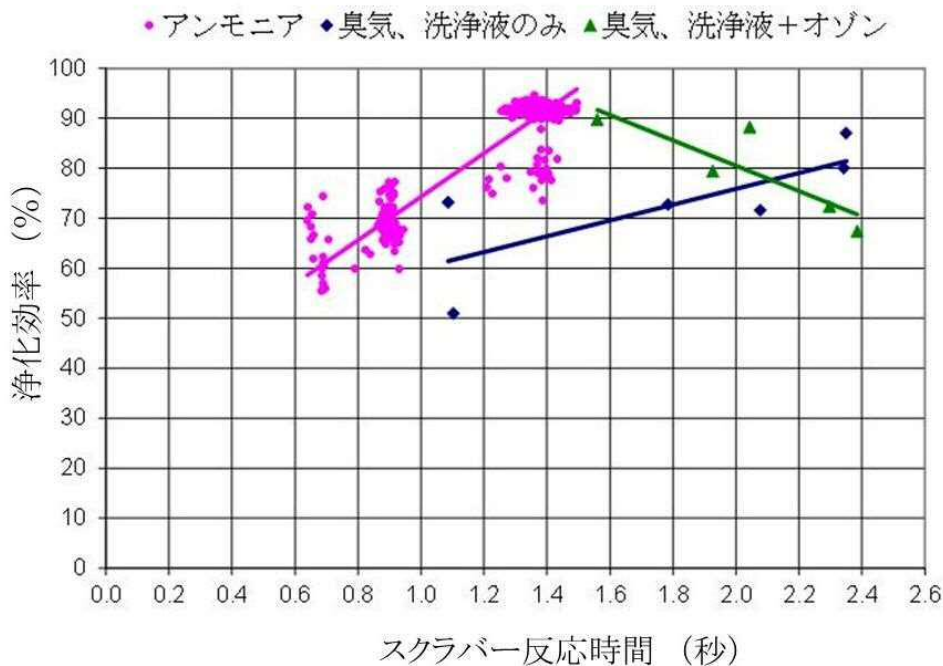


図5 スクラバーとオゾンによる畜舎換気エアークリーニングの浄化効率と反応時間の関係

4) 浄化効率

図5に浄化効率とスクラバー反応時間の関係を示す^{13, 14)}。アンモニアに関しては、反応時間1秒で75%の浄化効率が達成されたが、臭気に関しては同程度の浄化効率を達成するのに洗浄液のみの場合約2秒間の反応時間が必要であった。一方、洗浄液とオゾンを用いた場合は反応時間1.6秒で浄化効率90%であった。

しかし、反応時間の増加にともなって浄化効率が低下した。その原因は判明していない。断面積はスクラバー径の二乗に比例するので、反応時間を増すにはスクラバーの直径を増すのが有効である。例えば直径を1.4倍に

すれば断面積は約2倍になり空気流速が半減し反応時間が倍になる。

当システムを実用化するには、バイオリアクターの最善化、スクラバー内の空気抵抗の低減、洗浄液輸送と噴霧システムの最善化など、システムの安定化とエネルギー消費の低減のための努力が必要だと判断された¹³⁾。

8. 臭気排出強度

(1) 臭気排出強度とは

臭気排出強度は臭気濃度 (OU_E/m^3) に排気量 ($\text{m}^3/\text{秒}$) を掛けた量である。畜舎からの臭気排出強度は、家畜の総体重例えば1トン当たり、大型家畜の場合は1頭当たりの値で表す。

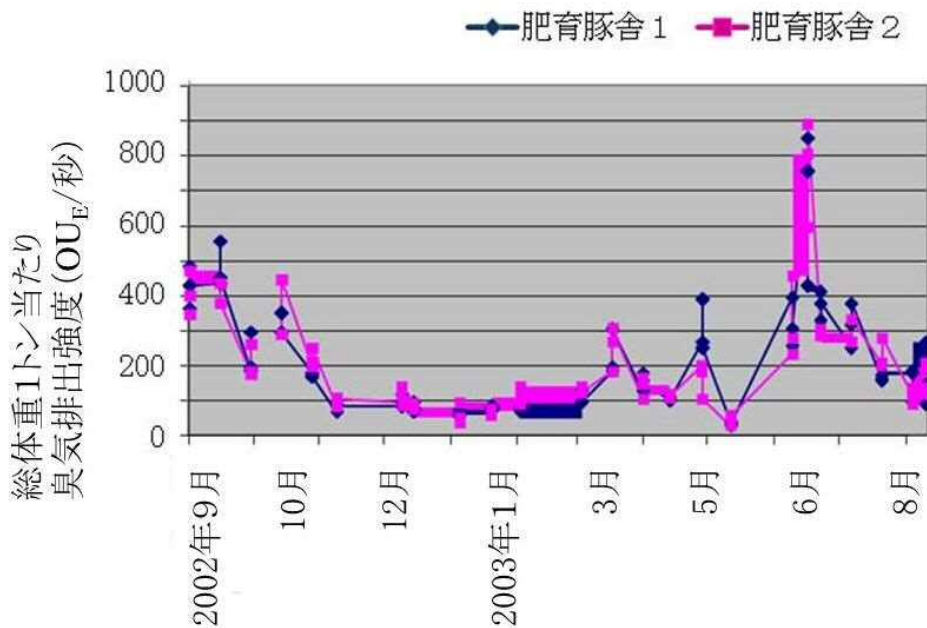


図6 肥育豚舎の臭気排出強度の一年間の推移

(2) 豚舎における季節別変化

図6は肥育豚舎(密閉型、機械換気)からの臭気排出強度の変化を一年間追跡した事

例である¹⁵⁾。臭気排出強度は夏に高く、冬は低いことが分かる。冬季には畜舎内の地下ピットに貯留されているスラリーの温度が下

がる、また畜舎の床温度も多少低くなること
が臭気発生を抑制する要因の一つだと考え
られている。

畜舎内の空気の動きも重要な要因と考え
られている。豚が排泄するふん尿はスノコ床
のスリットを通して落下し地下ピットに溜
まるわけであるが、空気も流入し臭気濃度
の高い空気を地下ピットから畜舎内に運搬す
ることもあるであろう。夏季の換気レベルは
冬季の5~8倍である。換気量が多ければそ
れだけ畜舎内気流の動きも高まり地下ピッ
トに流入する空気量も増えるはずである。ま
た、ふん尿で汚れた床や地下ピット内のスラ
リー上を通過する気流の速度が高まれば臭
気成分の揮発量も増えると考えられる。

(3) 換気の影響

図7に示すデータは、このような考察をあ
る程度支持するように思える¹⁵⁾。臭気排出強

度を抑えるためには必要以上の換気をしな
いことが重要であることを示している。気候
家畜が求める畜舎内空気・熱環境に対応し適
時に自動調整できる換気システムは減臭効
果があると考えられる。また、地下ピット内
に気流が流入しにくくする工夫も有効であ
る。気流は壁などの平面に沿って流れること
がある。そのような所では、スノコ床のスリ
ットを壁から離すと気流がピット内に流れ
込みにくくなる。

(4) 豚体重との関係

臭気排出強度は豚の体重と相関があるよ
うである(図8)¹⁵⁾。子豚は屠殺重に達した
豚より(体重当りで)多く臭気を発散するら
しい。子豚豚舎を清潔に保ち、適切な換気量
に保つことは悪臭抑制という観点からも重
要であると思われる。

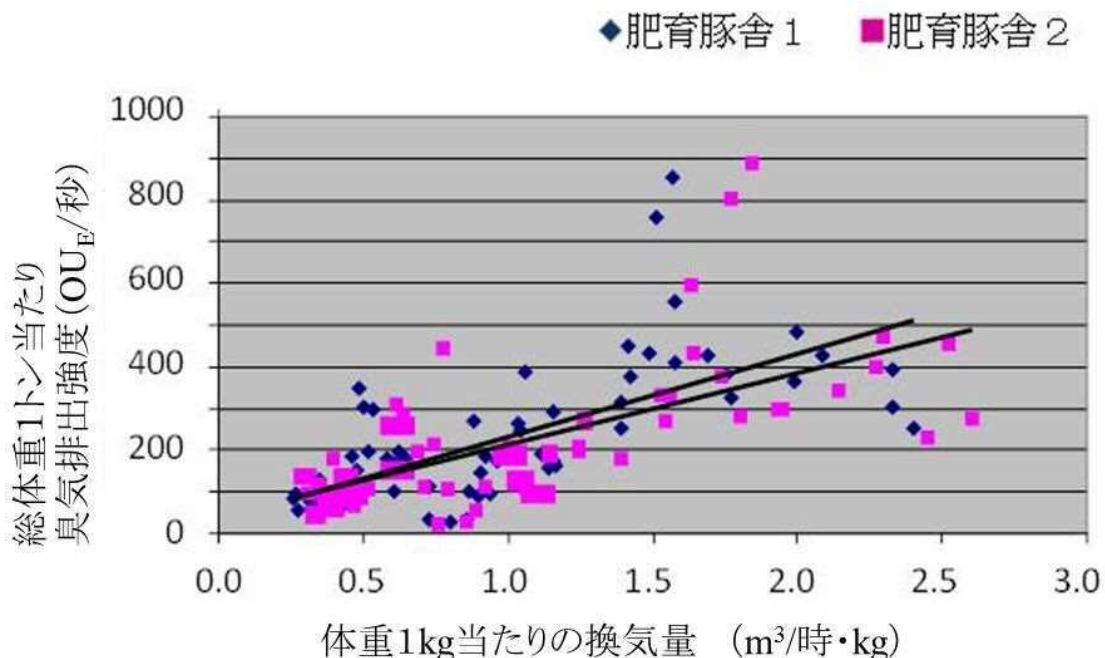


図7 肥育豚舎の臭気排出強度と体重1kg当りの換気量の関係

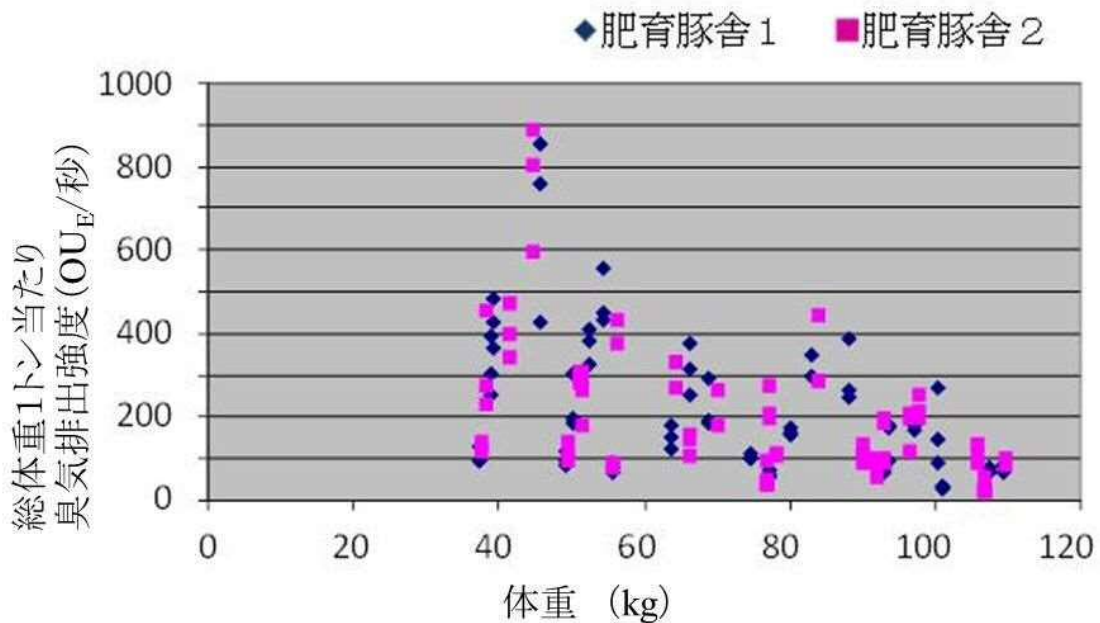


図8 肥育豚舎の臭気排出強度と体重の関係

9. 畑からの悪臭

家畜ふん尿に含まれる肥料成分をより有効に作物栽培に利用し環境負荷を軽減することを目的とする環境規制が1985年に施行された。その後、当環境規制は徐々に厳しくなり、農家はその対応に多くの努力を求められている。

(1) ふん尿搬出禁止期間

家畜ふん尿の圃場への搬出に関する規制もそのひとつである。雨量、作物の種類およびふん尿タイプにより多少の調整余地はあるが、原則として11月15日から翌年2月1日までの期間内にふん尿を圃場に搬出することが禁じられている。2月1日以降でも土壌が凍結、水で飽和している土壌、雪に覆われている畑へのふん尿施肥は禁じられている。

(2) 散布装置

スラリー Spredda は養分(アンモニア)が空中へ揮散するため使用を禁じられてい

る。これらの規制は養分(特に窒素)が水環境に流出することを抑制するためであるが、ほぼ一年間蓄えられた家畜ふん尿が春一斉に圃場に施肥され、全国的な悪臭公害が発生し問題になったこともあった。しかし、最近では余り聞かなくなった。その理由の一つは浅層インジェクタが普及したためだと思われる。数十本のホースを均等間隔に配置しスラリーを地表に直接流しながら移動するバンド Spredda (表面流下散布) がスラリースプレdda の代替として普及し、今でも広く使われているが、天候によっては悪臭公害の原因になる。

(3) 搬出禁止日

週末、祭日、記念日は、市街地から200m以内の圃場へのスラリー搬出が禁止されている。また、農家も近所への配慮、例えば、「スラリーを畑に施肥する予定日時をSMSで知らせることで、近隣住民に悪臭への対応(例えば洗濯物を外に干さないように)して

もらう」などの事例も業界紙で読んだことがある。雨の日又はその直前に作業する、近所迷惑になりにくい風向きのとくに作業するなど、農家サイドの努力も悪臭公害が少なくなった原因であると思われる。

10. 嗅覚テスト

(1) 特徴

嗅覚には個人差がある。食習慣、生活習慣や環境により同じ臭気に対しても快・不快の

感じ方が異なると考えられる。デンマークでは養豚農場が悪臭源としてしばしば非難の対象となっていた。養豚農場で働き生活している農場主及びその家族は豚舎からの悪臭をあまり不快と感じないのではないだろうか。養豚は家族を支えている大切な経済活動である以上、それを原因とする悪臭に対しても近隣住民と異なる感情を持つのではないだろうか。

表3 嗅覚テスト参加者に関する基本情報

被験者グループ	テスト参加人数		平均年齢		喫煙者 %	喫煙経験者 %	非喫煙者 %
	男 名	女 名	男 %	女 %			
養豚農家	28	14	40.8	32.7	12.2	7.3	80.5
養豚農家の家族	9	7	37.0	29.7	6.3	18.8	75.0
農家(養豚以外)	27	9	37.0	23.2	8.3	19.4	72.2
非農家	105	62	40.5	35.5	16.2	19.8	64.1
合計	169	92	39.7	34.0	13.8	17.7	68.5

(2) 嗅覚テストの実施例

そのような疑問が話題になり、農業機械フェア-2002年の訪問客を対象にした嗅覚テストが実施された。嗅覚テストには日本で開発され広く使われているT&Tオルファクトメーター^注が供された。参加者に関する基本情報を表3に示す¹⁶⁾。トータルで261名の訪問客がテストに参加した。養豚農家は男女計で42名、全体の16%であった。参加者の3分の2以上が非喫煙者であった。これは、デ

ンマーク・キャンサー協会の調査結果、喫煙者28%と大体一致する。

テストには5種の基準臭A0、B0、C0、D0、E0を供した。各基準臭は表4に示すような臭いがする¹⁷⁾。同表に示す各基準臭の検知率を見ると、B0とC0とE0が高いことが分かる。

注：T&Tオルファクトメーター…

日本で開発された嗅力測定装置
厚生省、日本耳鼻咽喉科学会公認

表4 嗅覚テストに供されたT&T オルファクトメーター基準臭の「においの表現」と各基準臭の検知率

基準臭	においの表現	検知率 %
A0	バラの花のにおい、軽くて甘いにおい	75.9
B0	焦げたにおい、 カラメルのおい	89.3
C0	腐敗臭、古靴下のにおい、汗くさいにおい、 納豆のにおい	93.9
D0	桃のカンズメ、重くて甘いにおい	68.6
E0	糞臭、野菜くずのにおい、口臭、いやなににおい	94.6

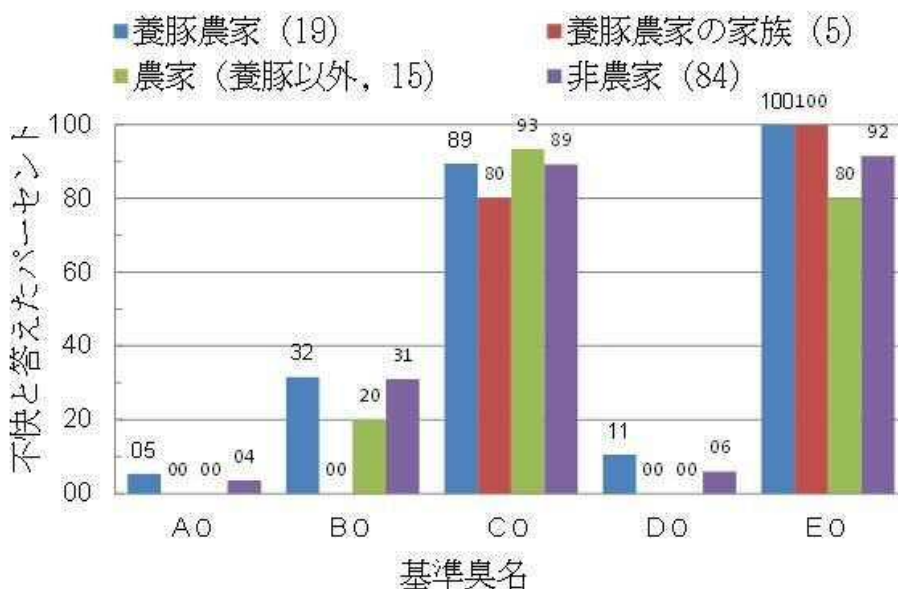


図9 5基準臭に対して不快と答えた割合

(A0: β -フェニルエチルアルコール、B0: メチルシクロペンテノン、C0: イソ吉草酸、D0: γ -ウンデカラクトン、E0: スカトール)

5基準臭全てを検知出来た被験者が3段階評価(快、不快、どちらでもない)で不快と答えた割合を図9に示す。被験者グループ名に付随するカッコ内の数字は回答者人数である。5基準臭全てを検知出来たのは123名、全被験者数261名の47%にあたる。この比較的低い検知率の要因の一つとして嗅覚テストを農業機械フェア会場内で行ったことの影響が考えられる。また、123名中非農家

が84名と各グループ間の分布が不均衡であることも、当調査結果を判断する場合に考慮すべき点である。しかし、基準臭C0(イソ吉草酸)とE0(スカトール)は被験者のほぼ全員が不快と感じると判断してよいと思える。養豚農家はこれらの臭気物質に毎日接しているはずであるが、他のグループと同じくイソ吉草酸とスカトールを不快に感じると答えた。同データのより詳しい分析からも養豚

農家が特別な嗅覚や悪臭の感じ方をすると
いう結果は導かれなかった。

11. おわりに

前記したことですが、畜舎由来の悪臭に関する研究がデンマーク盛んに行われたのは2000年代のことです。私たちもこの期間に同テーマの研究に携わる機会を得ました。その関連で、デンマーク人研究者とともにつくば市の畜産草地研究所を何回か訪問しご指導を頂きました。特に黒田和孝氏と代永道裕氏からはT&Tオルファクトメーターと三点比較式臭袋法のご指導はじめ多くの知見をご教授いただき、その後の研究に大きな助けとなりました。ここに記して、改めて謝意を表させていただきます。

資料

- 1) 農業&食糧(デンマーク農業・食糧全国組織) Landbrug & Fødevarer (2013): Agriculture in Denmark 2003-04 (デンマークの農業 2003-04), Dansk landbrug; Fakta om erhvervet 2013,
- 2) 金 鐘訓, 加藤信介 (2010): 建材臭評価のための試験方法の必要性, 建材試験情報 4, 2010.
http://www.jtccm.or.jp/library/jtccm/public/mokuji10/kikansi/1004_kikou.pdf
- 3) 環境省 (2009): Bekendtgørelse af lov om miljøgodkendelse m.v. af husdyrbrug Lov nr. 1486 (畜産の環境許可などに関する法律に関する命令、法律命令 1486) .
- 4) Aarhus University: An atmospheric dispersion model for regulation and planning, OML multi 6.0. (規制と計画のための大気拡散モデル OML) .
http://www2.dmu.dk/1_viden/2_miljoe-tilstand/3_luft/4_spredningsmodeller/5_oml/oml-multi_broch_en.pdf
- 5) DMRI (図の使用許可 2015): Ole Pontoppidan, Danish Meat Research Institute (デンマーク肉研究所), Danish Technological Institute, Taastrup, Denmark
- 6) Løfstrøm, Per (図の使用許可 2015): Department of Environment Science, Aarhus University (オーフス大学環境科学科), Denmark
- 7) 環境省・環境庁 (2015): Miljøministeriet, Miljøstyrelsen, Lugt vurdering (臭気の評価方法)
<http://www2.mst.dk/Wiki/Husdyrvejledning.Lugt%20Vurering.ashx>
- 8) デンマーク農業助言全国センター Dansk Landbrugs Rådgivning, Landcenter (2009): Lugt- Problemer og Løsninger (臭気問題とその解決)
- 9) 環境省, 森・自然局 (2006): Miljøministeriet, Skov- og Naturstyrelsen (2006): Faglig rapport vedrørende en ny lugtvejledning for husdyrbrug (環境省, 森・自然庁, 畜産のための新臭気ガイドラインに関する技術レポート)
[http://www2.mst.dk/Wiki/\(S\(4rcxaanixkmdsvm4nxjw4bio\)\)/GetFile.aspx?File=/Lugt/Lugtrapport_2006.pdf](http://www2.mst.dk/Wiki/(S(4rcxaanixkmdsvm4nxjw4bio))/GetFile.aspx?File=/Lugt/Lugtrapport_2006.pdf)
- 10) 法務省 (2003) : Justitsministeriet, Bekendtgørelse om beskyttelse af svin, BEK nr. 323 (豚の保護に関する行政命令, 行政命令番号 323)
<https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=1571>
- 11) Skov 社 URL (2015):
<http://ipaper.ipapercms.dk/SkovAS/DK/Marketingmaterialer/Brochurer/FarmAirClean/%20>
- 12) Christiansen, M. G., 13. marts 2015、Investering i Svinestalde 2006 – 2013 (豚舎における投資 2006-2013) ,

<http://vsp.lf.dk/Publikationer/Kilder/Notater/2015/1508.aspx>

- 13) Ogawa, H., P.J. Dahl, T. Suzuki, P. Kai, H. Takai (2011): A microbiological-based air cleaning system using a two-step process for removal of ammonia in discharge air from a pig rearing building (豚舎の排気中のアンモニアを除去するために微生物を利用した2段階プロセスのエア浄化システム), Original Research Article, *Biosystems Engineering, Volume 109, Issue 2, June 2011, Pages 108-119*
- 14) Kai, P., H. Takai, P. J. Dahl and H. Ogawa (2010): A sequential wet scrubber using re-circulated and biological processed water for purification of discharge air from pig houses (豚舎からの排気を浄化するために循環式の生物処理システムを利用した回分式湿式スクラバー). Proceedings for CIGR XVIIth world Congress in Quebec, Canada, 13-18 June 2010.
- 15) SEGES : Videncenter for Svineproduktion, (養豚ナレッジ・センター, 図の使用許可 2015) Denmark
- 16) Takai, H., P. Kai and P. J. Dahl (2003): Danish experience with use of "T & T olfactometer" (T&T オルファクトメーターのデンマークにおける活用事例), Proceedings of Int. Symposium on Gaseous and Odour Emissions from Animal Production Facilities, Scandic Hotel Bygholm Park, Horsens, Denmark, 1-4 June 2003, p62-69
<https://www.retsinformation.dk/forms/r0710.aspx?id=128754>
- 17) 医薬品情報データベース (2015): <http://database.japic.or.jp/pdf/newPINS/00065120.pdf>

(参考写真 デンマークの牛舎)



未来の農業建築・牛舎部門に提案され建設された牛舎。
フリーストール、経産牛430頭、搾乳ロボット6機、築2012年
生産性、経済性、家畜福祉、作業環境、地域との調和、ランドスケープといった要素すべてに配慮した場合どのような牛舎になるかを示す優れた事例であると思われる。牛舎は幹線道路から見えるところにあり、誰でも自由に見学することができる。広い駐車場、牛舎内全体を見渡せる中二階デッキ、自家製フレッシュ牛乳の自動販売機がある。
所在地：Odder, Denmark 農場名：Vejlsgovgaard (写真撮影：高井久光)
<https://www.google.dk/search?q=vejlsgovg%C3%A5rd&biw=1600&bih=761&tbn=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=39JFVcS4I8StsAGty4HQCw&sqi=2&ved=0CDAQsAQ&dpr=1>
http://www.fremtidsgaarde.dk/index.php?option=com_content&view=article&id=128&Itemid=335