

京都府試験研究機関における環境対策のとりくみ

京都府 農林水産技術センター 畜産センター
研究・支援部

安富 政治

1. はじめに

この連載では、各地域の畜産環境保全問題の発生状況や、対策の概要を紹介している事例が多いのですが、京都府については、2004年12月発行の第27号にて、「京都府における畜産環境対策について」と題した紹介文を掲載しているため、今回は京都府の試験研究機関の取り組みを中心に紹介したいと思います。なお、私が在籍している京都府農林水産技術センター畜産センター(2009年までは畜産技術センター)は研究だけでなく、畜産農場に対する普及指導も行ってきました。この拙稿ではそのような取り組みも、少し紹介したいと思います。

さて、1999年に「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(以下家畜排せつ物法)」の部分施行と同時に、同法第十二条を根拠にして各県に畜産環境研究の担当部門が誕生し、堆肥化などの多くの研究が開始されました。京都府においても、以前から環境対策に関わる試験研究は行ってきたのですが、この時期から本格的な取り組みを行い、様々な成果を挙げて現在に至っています。

2. 管内の畜産農場と当時の情勢

(1) 家畜排せつ物法前後

振り返ってみると、昭和50年代から、個々の農家向けの家畜排せつ物の処理装置、機械などは、販売されていましたが、特に家畜排せつ物法の部分施行前後から約10年間ほどは、畜産環境対策に対する政策の強化が図られ、1セット当たりの額が大きくなり、装置や資材を供給する環境装置に関わる産業界においても大きな市場が生まれたという認識がありました。堆肥化施設、水処理施設、脱臭施設、その他機械、資材などが各メーカーから販売され、各地で開催される環境分野の展示会では、畜産関係者向けの装置、機械が大きなスペースを占めていたことを思い出します。

(2) 京都府内の状況

しかし、京都府内の畜産農場の立地は消費地に近く、消費者への直接販売が可能な販売面における利点がある一方で、概して小規模で資本金がなく、また住宅地に近接した農場も多い特徴があり、当時メーカーから販売されている装置、機械では、規模、資金などの点で導入がふさわしくないものが多いと感じていまし

た。特に水処理施設については、各ブランドメーカー商品の施設、装置が下水道終末処理場や農業集落排水の処理場がベースになっていると思われ、各種装置、機械が高価で、グレードも高く、見積りの概算額にはただ唖然としたことも多々ありました。

3. 図面発注方式による設計と施工指導

(1) 京都府にふさわしい施設の設置方法

そこで、まず私たちが取り組んだのは、京都府の農場の規模に見合った水処理施設の設置方法の検討でした。京都府の酪農農場は標準的な規模が40頭程度、養豚場も母豚100頭以内のところが多いことから、例えば回分式活性汚泥法を用いれば、100m³以内の水槽、多くは50m³程度の水槽で対応することができます。このサイズの現場打ちコンクリート水槽の施工技術は、地元土木工事業者でも普通に保有していたので、地元の土木と電気工事の業者が施工可能な仕組みを検討した結果、「図面発注方式」を採用することにしました。

(2) 図面発注方式

図面発注方式とは、例えば道路や橋などの施設を作るときには、自治体等の土木担当部署が図面を作り、施工の仕様や工事数量などを明らかにします。それを基に、工事業者を募り、入札をかけて、工事金額を決定します。その後、工事が着工され、完成させます。

私たちはその仕組みを畜産農場の污水処理施設の設計、施工に適用しました。

農家の施設の設置要望を受けた段階で、現地測量をして、処理施設の図面を作ります。現場打ちのコンクリート水槽工事を伴う場合には、構造計算をして、水槽や配管の図面作成、工事数量、配筋図面や制御盤製作図面、特記仕様書などを製作して、畜産農場に提出します。

畜産農場はその設計書に基づいて、地元の土木業者、電気工事業者に見積もりをかけることで工事金額が得られます。施工の段階でも、工夫が必要です。地元土木工事業者は污水処理施設を設置した経験はないので、業者には水槽構造物を作ることに専念してもらい、水処理に特異的な仕様は、私たちが必要な工程において、施工指導や検査をしました。

(3) 図面発注方式を進める上での課題

この方式は、工事単価に土木工事標準単価を用い、機械類は農場側の直接購入を前提にした見積もり額を使用するので、工事内容、工事金額が明らかになり、安価になりますが、その代わりに、私たち設計側の事務量が多くなります。

また、一番懸念した課題は瑕疵責任問題でした。公的な試験研究機関が設計した構築物の瑕疵責任の対応について、どう取り扱えばいいのか。2002年頃京都府の法制の部局と相談の上、いくつかの留意点を整理して、最終的には機関として積極的に取り組んでいくことになりました。瑕疵問題の留意点について、詳細は省きますが、例えば、私たちが設計する現場打ちコンクリート水槽は、必ず構造計算を行うことにしました。言い換えれば、構造計算できない水槽の設計はしないということです。例えば、複数の水槽

が隣り合わせで一体化している水槽構造は、水処理施設では多く見かけますが、厳密には構造計算ができません。メーカーは経験則から安全を判断して設計していると思いますが、私たちはそれをしないことにしました。

(4) 施工方法や仕様の工夫

この図面発注方式は、府内の污水処理施設に適用するにつれて、いろいろな施工、仕様に関わる創意工夫が生まれました。とりわけ、農場に既設の尿槽がある場合には、修繕して活用する方法を採用し、大きな土木工事が省略できて安価な施設ができました。また農場側の施工能力が高い場合には(といてもいろいろでしたが)、可能な施工範囲を自力施工とし、請負業者の工事範囲を限定し、農場側のやり方に合わせた指導に徹して、施設を作ってきました(写真1、2)。



写真1 鉄筋配筋工程・請負工事

設置の件数が増えるに従って、構造の改良や付帯する装置等の仕上がりが良くなってきて、汚泥濃縮槽、振動ふるい、ディフューザなどを少しずつ、改良して、さらに安価に設置が可能となりました。振り返ってみれば、他府県との研究機関

同士のお付き合いの中で、設計した施設や、単体装置がさまざま形で、京都府内に限らず普及されています。



写真2 配管工事・自力施工
手前左：沈殿分離槽
奥：回分槽(100m³)

4. 脱臭装置の開発と普及

(1) 脱臭装置の開発

その後この取り組みは、污水処理施設から、堆肥化施設や脱臭装置の設置についても適用が広がりました。堆肥化施設の建設に際しては、建築基準に関する法律があるので、設計業者との打ち合わせに留めることが多かったのですが、脱臭装置の設計では、污水処理施設と全く同じ方法を採用しました。脱臭装置も市販装置は水処理施設と同様、高価なプラントが多く、プラントメーカーの見積額を得たところ、高額なため私たちの所に相談に来た関係者もいます。

(2) 樹木チップを用いた低コストアンモニア脱臭装置の開発

私たちが提案する脱臭装置の原理は、平野幹典 2007～2009 京都府畜産技術センター試験研究報告(以下京都研究報告と略)が実験プラント施設建設から手掛け、

実用化した京都府のオリジナル装置です(図1)。当センターのホームページで紹介しているので、概要はそちらで見てい

ただきたいと思います。

<http://www.pref.kyoto.jp/chikken/t-env.html>



図1 樹木チップを用いた低コストアンモニア脱臭装置
(京都府ホームページ 環境対策技術 3 臭気対策)

脱臭ろ材に広葉樹チップを用いて、硝化菌を投入して生息させる生物脱臭方式で、主にアンモニアガスをとらえて脱臭します。構造がシンプル、メンテナンスが容易で、アンモニアガス濃度 200 ppm 位まで対応可能です。構造が簡単なので、簡単な図面でも、施工はできますが、脱臭装置のアンモニアガスの酸化、脱窒の反応速度式は求められていません。つま

り、設計用数値は実証例 10 カ所ほどの経験値です。

私の印象ですが、ろ材内の硝化菌の生育条件や、アンモニアガスの通過速度とガストラップの最適範囲は比較的狭いように思います。製作に当たっては品質を確保するためにも、詳しい設計用数値は、直接当センターに問い合わせて、それに当たって施工してください(写真3)。

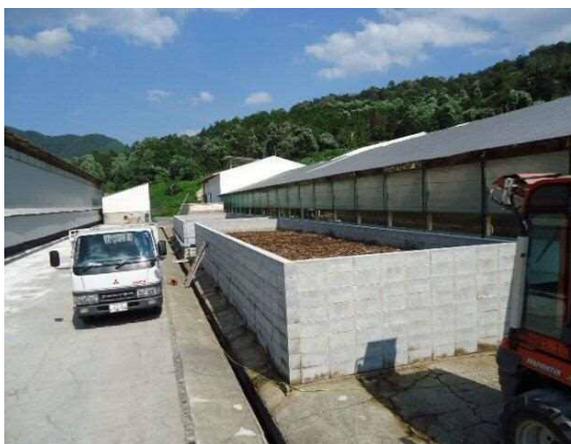


写真3 養鶏場堆肥化施設に設置されたアンモニアガス脱臭装置

(3) 地域住民の生活環境や公衆衛生上の課題という視点

臭気問題は私たち畜産環境の研究・指導を担う部門が、現場をどうみるかという根源的な課題を常に伴っている問題だと感じます。臭気に関する法的な規制値をクリアするという問題以前に、周辺住民にとっての快適な住環境を確保する課題として、地域に存在していて、(仮に苦情問題が起こっていなくても)全ての畜産農場や堆肥化施設で念頭に置かなければなりません。

地域的には違いがあるのですが、京都府内では畜産農場が点在化するにしたがって、苦情発生のラインが下がっているように感じます。そのような理解のもとに、畜産環境対策は「畜産業の健全な発展に資する」(家畜排せつ物法第1条)から、「地域住民の生活環境や公衆衛生上の課題」という視点に少しずつ変わってきていることを感じています。

臭気対策は、地域の生活環境の質にかかわる、まさに「地域住民の生活環境や公衆衛生上の課題」を解決するために、重要度が増しています。そのような中で私たちが提案するこの脱臭装置は、地域で問題になっていた畜産農場の臭気問題を次々と解決してきています。

5. 堆肥工程の化学プロセス計算

(1) 堆肥化施設の規模算定

2000年に堆肥化施設設計マニュアル(中央畜産会)が出版されたのですが、私たち畜産環境部門の担当にとっては、本当に待望の書でした。全国の担当者が、同じ手法で堆肥化施設の規模決定ができることになり、堆肥舎等の規模決定の依頼があった際には、とても頼りにしました。その後、このマニュアルを基に多くの堆肥舎が建設され、実証的にはこの規模決定方法が妥当であることが、今日では証明されているのだと理解しています。

(2) 化学プロセス計算法の適用

しかし、私は当時から少し不満もありました。それは規模決定根拠となる数値の提示が定型的で、工学部門では常識の物質収支、熱収支、水分収支式が成立していない点です。熱収支式、水分収支式が立てられないのは、堆肥化施設にとっては、とても大きな欠点で、例えば堆肥原料を入れた堆肥舎が何℃で推移するのか、何日後に水分が何%になっているのか不明ということになります。

そこで、3つの収支式を成立させるために、不足しているパラメータを求める実験を始めました。求めるパラメータは、乾物分解時の発熱量、乾物分解時の水発

生量、それに乾物分解速度です。期間はかかってしまいましたが、それらを化学プロセス計算の手法(化学プロセス計算表)で3つの収支式から、堆肥のコンディションを推定することができました(2007 畜産環境学会第6回大会、2004 京都研究報告第1号)。

この化学プロセス計算表の優れた特徴としては、例えば堆肥温度を任意に設定し、その温度を維持する堆肥舎の規模、

堆肥投入量、取り出し量、堆積層への送風量の設計が可能です。また水分をもっとも多く除去したい風量、堆肥投入量、投入頻度などを計算で推定することが可能です。

(3) 副資材を用いない堆肥化技術

さらにこの化学プロセス計算表を基に実用施設として設置したのが、副資材を用いない堆肥化技術です(図2)(前述のホームページ参照)。

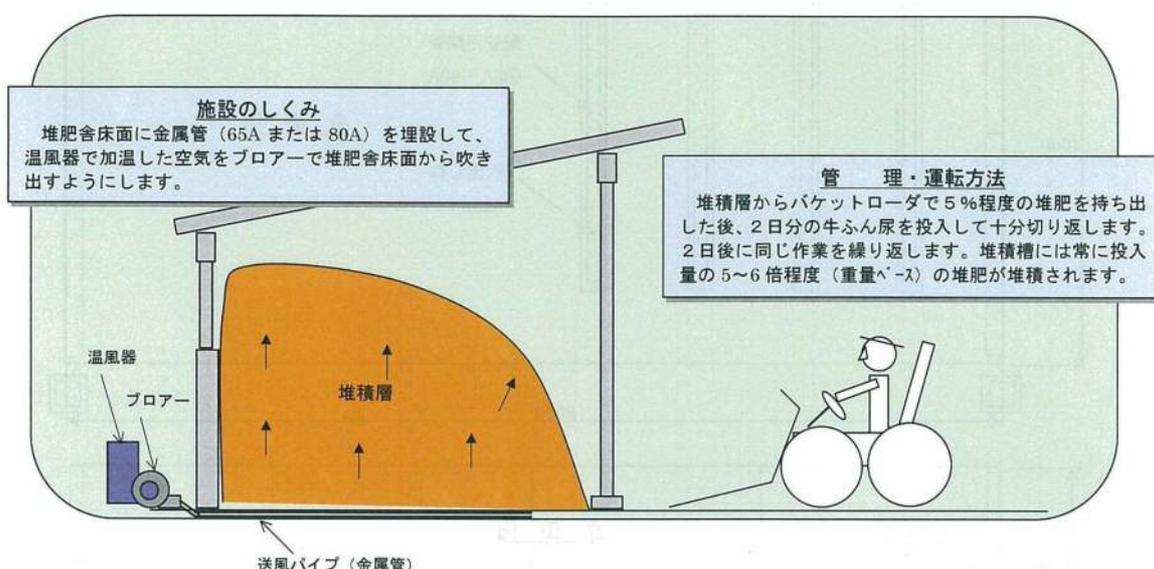


図2 副資材のいらぬ牛ふん堆肥化処理施設
(京都府ホームページ 環境対策技術 1 堆肥化)

例えば乳牛ふんであれば、自身の堆肥化に伴う熱発生で連続的に堆肥化を継続するのに必要な水分を蒸発させることはできません、水分を蒸発するのにあとどれだけ熱量が必要か計算を行い、それに見合うエネルギーを送風にオンすれば、副資材を用いない堆肥化が可能になります。また、エネルギーを損失させないで水分をどのくらい下げれば、副資材がい

らない堆肥化が可能かという計算も可能です。この方式は府内、府外含めて数件で実用化はしましたが、燃料費の高騰によって、現在では採用されていません。

現在、この化学プロセス計算表は1年に1回か2回くらいの頻度で活用しています。いずれも京都府内の強制通気型堆肥舎のコンディションの診断や新たな設計に関する推定に用いています。計算表

は Microsoft Excel 形式になっているので簡単な研修を受ければ使用できます。他県関係者向けに研修会を何回かしましたが、現在では、使っているのは京都府だけかもしれません。すぐれものですので、広く活用されたらと思います。

6. 1次堆肥利用の失敗と成功

(1) 1次処理による易分解性有機物の分解

この化学プロセス計算法開発の副産物が、堆肥化工程の1次堆肥の概念理解、つまり速度・時間的な量的把握ができたことです。家畜ふん尿の堆肥化原料のうち、堆肥化可能な量は乾物換算で95%以上ありますが、非常に早く分解する、易分解性有機物量、つまり1次処理工程での分解量は、それほど多くありません。例えば乳牛ふんでは、23~25%/DM程度です。ところが反応炉のサイズにもよりますがそれらの易分解性有機物分解速度は、とても早く、条件が良ければ4,5日で、また大きな堆積槽でも、しっかり切り返しを繰り返せば2週間くらいで分解が終了します。すこし話が外れますが、この易分解性有機物の反応速度は、固液混合の充填槽条件にありながら、忠実に栄養基質の減少速度式

$$-dm/dt = \alpha m$$

ここで m : 易分解性有機物濃度(1/100%)

α : 反応速度定数

によって表されることに、実験結果のグラフをみて感動したものです。ちなみに難分解性有機物の分解(2次処理)が始まるのは40日以降で、それが半年以上続き、

畜産農場にとってはこの2次処理の期間が実に大きな負担となる時間となります。

(2) 1次処理堆肥の利用

1) 1次処理堆肥と完熟堆肥

このことを知った私は、完熟堆肥でなく、1次処理堆肥の流通を構想しました。府内にある大規模な開発農地の土づくりをどうやってしていくかという議論の場面で、担当する機関に「1次処理堆肥を土づくりに活用したら」と提案しました。その目論見としては、畜産農場にとって2週間程度の処理で堆肥が「さばけ」たら、長期間ストックしておく必要もないので堆肥舎の規模も小さくできる、また売渡価格も安くできる。双方にとってメリットが多いと提案しました。しかし、この提案に対する耕種側の反応は、意外に厳しいもので、「完熟堆肥を前提」としていた耕種側の農業技術者の概念を覆すことになり、内部では様々な議論があったようです。野菜の栽培試験も企画されましたが、最終的には採用には至りませんでした。

2) ストックヤードの活用

しかしその後、府内の別の地域で、町が1次堆肥の簡単なストックヤードをいくつも整備し、そこに1次処理堆肥を畜産農家が搬送し、完熟を待って、というより耕種農家のお好みのタイミングで、気軽に堆肥を使うようなシステムを導入しました。1次堆肥云々の議論は省いて、流通のシステムをやりわり導入することで、耕種農家の1次堆肥の利用を実現したのは、心底感心しました。

3) 1次処理堆肥の利用へ向けて

家畜排せつ物法本格施行後、全国的に

堆肥の利用促進の機運が高まった時期がありました。そこでの前提は、畜産側としても完熟堆肥を作ることだったと思います。その時点で私たちの成果が説明できる状態だったのか、今となっては不明ですが、畜産側の生産コスト、堆肥取引価格を考慮した、1次堆肥の性質や活用法、1次堆肥の利用システムの提案を発信できなかったことは、今残念に思っています。

余談ですが、この1次処理堆肥は、意外な特徴を持っています。例えば、大腸菌などの抑制作用があります。敷料に使

うならおがくずや完熟堆肥よりも安心してつかえます。

7. 家畜給水施設のとりのくみ

最後に一番新しい取り組みを紹介します。それは、家畜の飲み水のろ過と殺菌です。山間部にある畜産農場では、沢のような小さな水路から水樋やポンプなどを用いて直接取水しているところが多くあります。水を介して感染する可能性のある疾病の発生抑制を目的に、給水施設を検討しました(図3)。

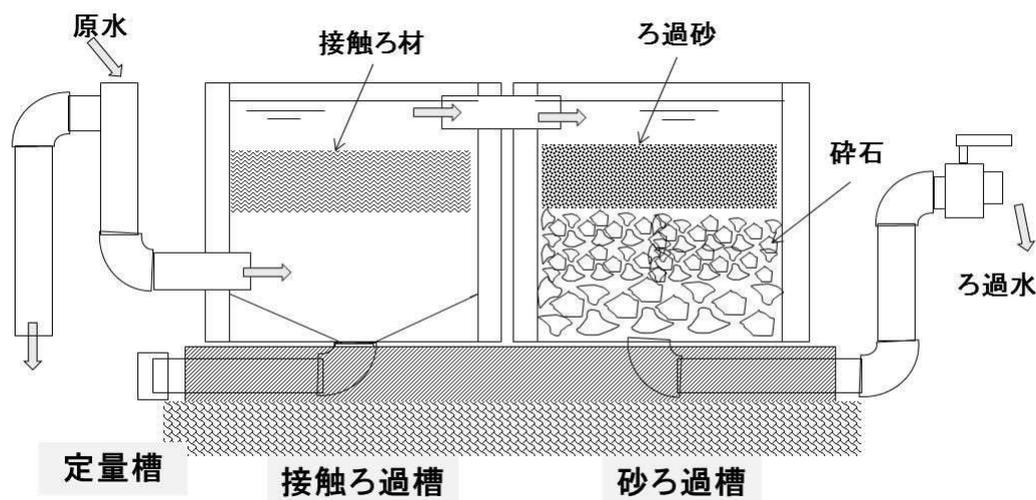


図3 家畜給水施設実証プラント
(2013.5月～、1~2m³/日ろ過)

(1) ろ過のしくみ

ろ過の工程は上水道で古くから用いられている緩速ろ過方式を採用しました。敷地面積は必要ですが、工事費やメンテナンス費用が安価です。ろ過工程の前処理としては、濁水が少ない場合には接触ろ材を、比較的濁水が多い場合には1日滞留の沈殿槽を使用します。取水の基本

は集水埋渠ですが、現場に合わせて浅井戸やポンプを使用します。取水工程やろ過工程の多くの設計用の数値は、水道施設設計指針(水道協会)にあるので、それらを使用します。

(2) 殺菌効果を維持するには

殺菌工程は、次亜塩素酸ナトリウム溶液の希釈溶液を用いて、ポンプの汲み上

げのストロークに合わせて摘下さる簡単な装置を試作しました。殺菌装置は市販装置があるので、農場の希望に応じて、市販装置か今回開発した簡単な装置のいずれかを選んでもらいます。

対策の目的は家畜の飲み水の殺菌ですから、ろ過工程が不要ではないかと考えている方も多いかもかもしれません。また、市販の殺菌装置にもフィルターが付属しているのですが、原水が濁水になると簡単に目詰まりしてしまいます。また殺菌剤の効果発揮、配管システムの維持管理ためにもろ過工程はとても重要な工程です。殺菌装置だけで事足りることはありません。

給水施設のプラントを手掛けてみると、このろ過工程が技術的なブランクになりかねないのですが、幸い水道は、市町村の固有事務になっており、市町村の担当部署に詳しい方がおられます。また簡易水道浄水場は、砂ろ過方式で行われているところがまだ多いので、詳しく教えていただいたり、見学したりして、技術のキャッチアップが早くできました。

8. 最後に

臭気問題のところで、私たちの視点が環境の課題を「地域住民の生活環境や公

衆衛生上の課題」としてとらえる方向に少しずつ変わってきているということを書きました。それを裏付けるように臭気対策とほぼ同じ性格の課題が、数年前から私たちの仕事の範疇に次々に入ってきています。

それは、例えば鳥インフルエンザや口蹄疫といった特定家畜伝染病のように、発生すれば地域の様々な活動に重大な影響を及ぼす疾病の発生をどう防ぐのかという課題や、またカンピロバクターなどの食中毒細菌の感染を防ぐ農場施設や飼育管理方法、クリプトスポリジウムのような耐塩素の原虫の対策、豚回虫の対策などです。

これらはすべて畜産農場が研究の対象ですが、受益者は地域そのものであったり、住民、消費者、流通業者であったり、非常に広範な地域や住民に影響が及ぶという性格を持っています。これらのテーマが私たち京都府畜産関係研究機関の研究課題に入って来て、いわば古典的な堆肥化、汚水処理等の研究・指導の仕事から、徐々に置き換わっているのが現状です。これらの課題に対応するには、新たな分析技術や適用する技術の獲得が必要で、それに苦勞しているところです。

