

# 養豚におけるアミノ酸バランス 改善飼料の設計と給与効果

## 標準作業手順書

－HP 公開版－



# 目次

はじめに	1
免責事項	2
<b>I 養豚をめぐる環境問題</b>	<b>3</b>
1. 養豚における硝酸性窒素等の排水基準	3
2. 養豚から発生する温室効果ガスの排出状況	4
<b>II 養豚におけるアミノ酸バランス改善飼料の意義</b>	<b>8</b>
1. タンパク質の要求量	8
2. タンパク質とアミノ酸の関係	9
3. アミノ酸バランスの重要性	11
<b>III 技術の概要と特徴</b>	<b>13</b>
<b>IV アミノ酸バランス改善飼料の給与効果</b>	<b>15</b>
1. アミノ酸バランス改善飼料給与による肥育成績	15
2. アミノ酸バランス改善飼料の污水浄化処理負荷の低減	18
3. アミノ酸バランス改善飼料の温室効果ガス排出削減ポテンシャル評価	21
<b>V アミノ酸バランス改善飼料の導入手順</b>	<b>32</b>
1. アミノ酸バランス改善飼料の設計	32
2. 安全を考慮したアミノ酸バランス改善飼料の導入設計	37
3. アミノ酸バランス改善飼料の導入	39

<b>VI 留意事項</b>	<b>4 2</b>
<b>VII 關係情報</b>	<b>4 3</b>
<b>參考資料</b>	<b>4 7</b>
<b>担当窓口、連絡先</b>	<b>4 8</b>

## はじめに

持続可能な養豚業を目指すための喫緊の課題は、（１）生産費の約 6 割を占める飼料費の割合をどの様に減らすか＝飼料費の低減、（２）水質汚濁防止法（水濁法）や地球温暖化等、環境に配慮した養豚経営、（３）令和 2 年 4 月に改正された家畜伝染病予防法（家伝法）＝農場における飼養衛生管理の徹底、（４）国際的な流れであるアニマルウェルフェアの考え方を踏まえた家畜の飼育、の 4 つだと考えられます。

一方、（１）の飼料費削減と（２）アンモニア、アンモニウム化合物、亜硝酸化合物および硝酸化合物（硝酸性窒素等）の排出基準に代表される水濁法への対応や、温室効果ガスの排出を抑えることは、豚に給与する飼料を工夫することにより同時に解決することが可能です。

この標準作業手順書には、飼料設計にアミノ酸バランスという概念を導入することで、豚の肥育成績を落とさずに、飼料費や排せつ物処理に掛かる費用を抑え、かつ、尿中に排せつされる窒素化合物の含量（主に尿素）および排せつ物処理で発生する硝酸性窒素等や一酸化二窒素（ $N_2O$ ）を減らす方法が紹介されています。

本手順書に記載の技術が、畜産農家の経営の健全性の確保と環境問題への対応の両立に寄与できれば幸いです。

## ■ 免責事項

- 本手順書で解説した、肥育豚にアミノ酸バランス改善飼料を給与した際に得られる様々な効果は、農研機構、公設試、ならびに大学でおこなった研究成績です。経済効果は、研究成績を基に農研機構で試算をおこなっています。飼料費や枝肉単価は日々更新されるため、現状は、ここで示した数値（令和2年3月現在）に即していません。そのため、本手順書に示した内容は、この通りの飼養成績、汚水処理や温室効果ガスの効果を保証するものではありません。
- アミノ酸バランス改善飼料給与による飼養成績や汚水処理中のデータは、茨城県と新潟県でおこなった事例です。使用する豚の品種や給与する飼料原料の組成、汚水処理においては、温度等の季節的な変動に応じて差が生じることをご留意ください。
- 農研機構は、利用者が本手順書に記載された技術を利用したこと、あるいは技術を利用出来ないことによる結果について、一切責任を負いません。
- 本手順書に記載されている画像等は、すべて使用許可を得ているか、著作権が放棄されているものです。

# I. 養豚をめぐる環境問題

## 1. 養豚における硝酸性窒素等の排水基準

家畜排せつ物の不適切な管理は、悪臭の発生や河川、地下水の水質汚染を招くなど、環境問題の発生源になります。特に污水处理施設の排水を公共用水域に放流する場合、「アンモニア、アンモニウム化合物、亜硝酸化合物および硝酸化合物」（略称：硝酸性窒素等）の項目については、すべての養豚農家が規制対象となります。

硝酸性窒素等の暫定排出基準の推移を図 1-1 に示します。令和 2 年現在 500mg/L ですが、将来的には一般排水基準（100mg/L）に引き下げられることが予想されています。

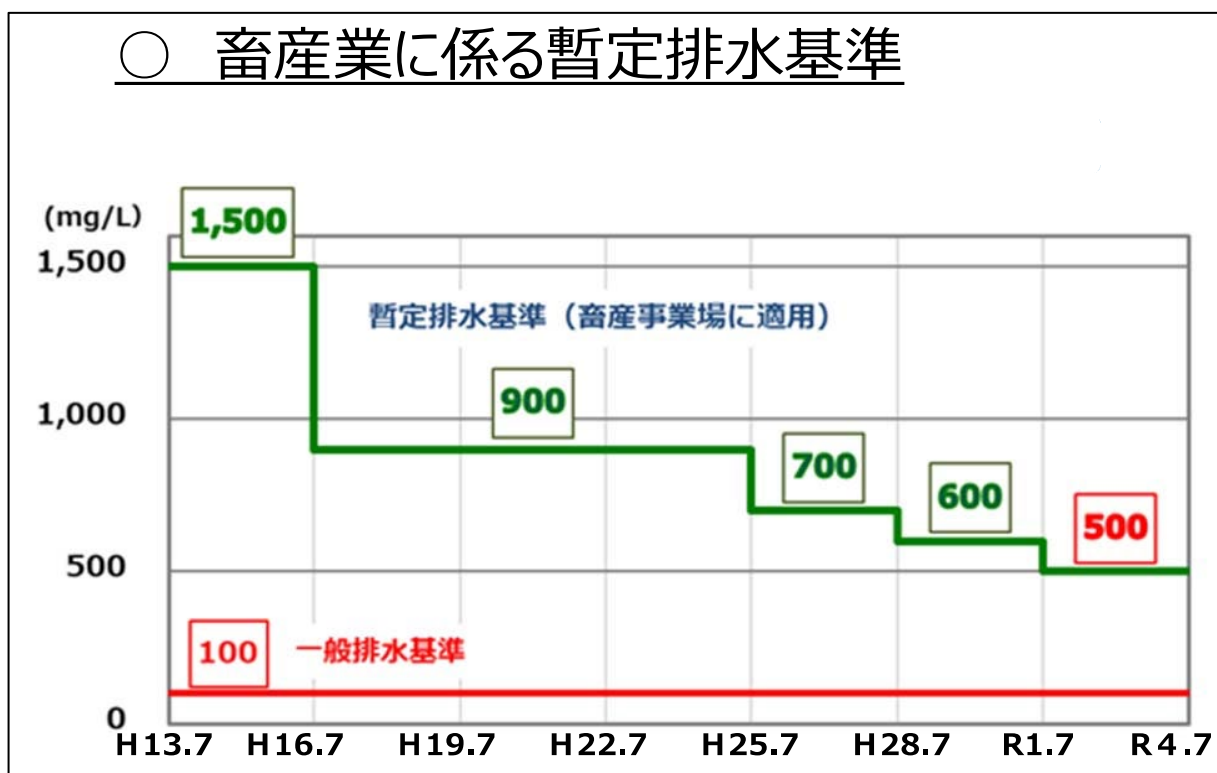


図 1-1 畜産業にかかわる暫定排出基準

硝酸性窒素等の一般排水基準は 100mg/L ですが、畜産処理施設においては達成が困難とされることから、暫定基準として 500mg/L（令和元年 7 月現在）が設けられています（図 1-1）。暫定基準は 3 年ごとに厳しく見直されます。そのため、将来的には一般基準が適用されることが想定され、対応する処理技術開発が喫緊の課題です。

## 2. 養豚から発生する温室効果ガスの排出状況

国内農業からの温室効果ガス排出を図 1-2 に示します。家畜の消化管内発酵によるメタン（CH<sub>4</sub> 14.1%）、家畜排せつ物管理によるメタン（4.5%）と一酸化二窒素（N<sub>2</sub>O 7.6%）に加え、農地土壌の一酸化二窒素（圃場などを含む）とトラクターや暖房・冷房など燃料消費によって生じる二酸化炭素も、家畜生産からの排出に含まれています。



**図 1-2 国内農林水産業からの温室効果ガスの排出状況**

家畜の消化管内発酵および家畜排せつ物管理を起源とする温室効果ガスの排出量

（写真中橙色文字の箇所）は CO<sub>2</sub> 換算量で 1371.1 万トン（2018 年度）。国内農林水産業全体では 4,910.8 万トン（CO<sub>2</sub> 換算量）。



## 参考情報 地球温暖化係数

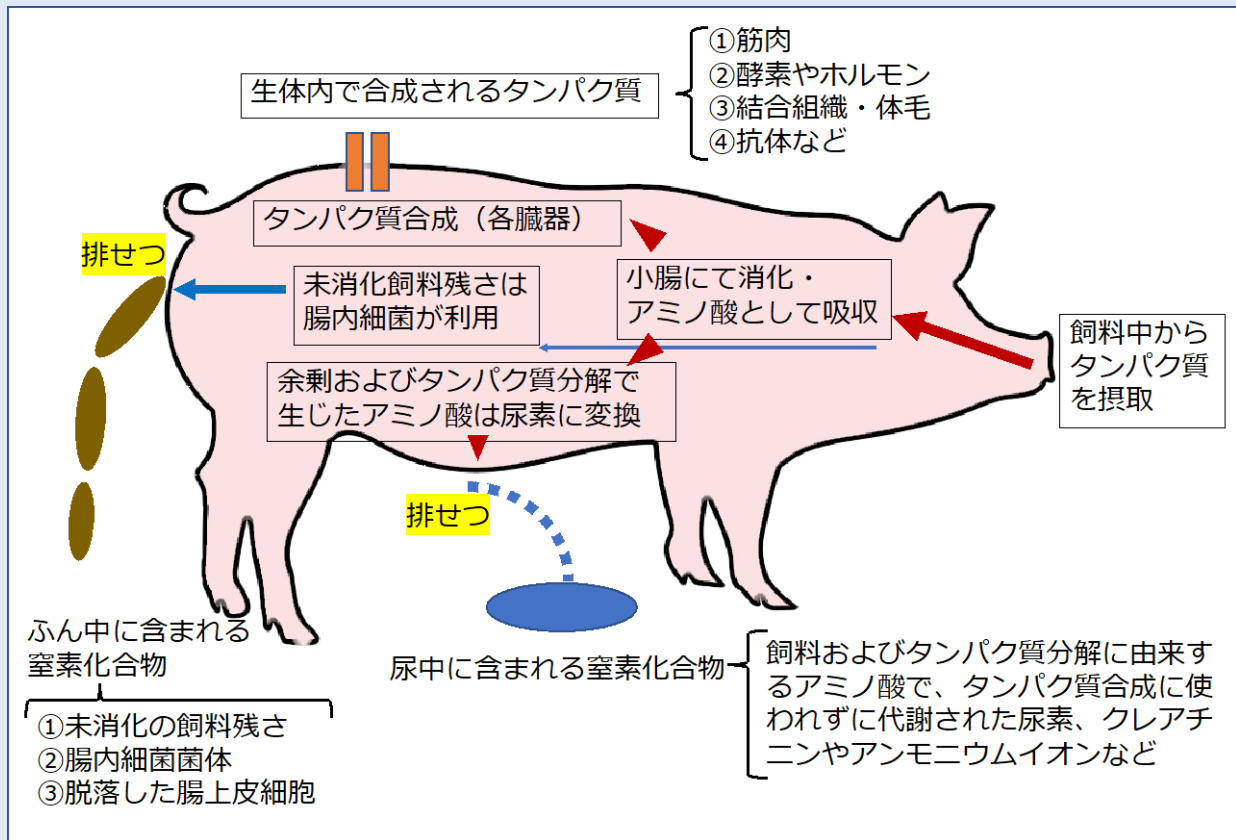
地球温暖化係数とは、二酸化炭素を基準に、各種の気体が大気中に放出された際の、濃度当たりの温室効果の強さを比較したものです。

気体名	地球温暖化係数	主な排出源
二酸化炭素(CO <sub>2</sub> )	1	エネルギー産業等
メタン(CH <sub>4</sub> )	25	反すう家畜、水田土壌等
一酸化二窒素(N <sub>2</sub> O)	298	畜産汚水等

一酸化二窒素(N<sub>2</sub>O)は、二酸化炭素の約300倍の地球温暖化係数を持つ温室効果ガスです(1gの一酸化二窒素は約300gの二酸化炭素に匹敵する温室効果を持つ)。日本の農業において、一酸化二窒素(N<sub>2</sub>O)の排出は家畜排せつ物管理(7.6%)に加え、農地土壌からの排出(10.5%)を加えると、約18%を越える大きな排出区分です。

そのため、一酸化二窒素(N<sub>2</sub>O)を削減することは、国内はもとより世界的な気候変動緩和に役立つと考えます。アミノ酸バランス改善飼料は、排せつされる窒素を減らすことができる飼養管理技術です。

## 参考情報 生体内でのタンパク質(窒素)代謝



豚が餌を食べて体内に入ったタンパク質は、小腸内でアミノ酸まで分解され、体内に吸収されます。

体内に入ったアミノ酸は、筋肉や酵素などのタンパク質に合成されます。吸収されたにもかかわらず使われなかった余剰のアミノ酸やタンパク質が分解されて生じたアミノ酸は肝臓で尿素に変換され、尿中に排せつされます。したがって尿中の尿素(窒素化合物)は生体内でのタンパク質代謝を反映しています。

糞中に排せつされるタンパク質等の窒素化合物は、吸収されなかった未消化の飼料残さ、腸内細菌や腸の細胞に由来します。

飼料中のアミノ酸バランスを改善することにより体外に排泄される窒素化合物の低減は、尿中に排せつされる窒素化合物に反映し、糞中への影響は少ないと考えられます。

尿中に含まれる窒素化合物には尿素、クレアチニン、アンモニウムイオンがあります。飼料中のアミノ酸バランスを整えると、生体内に吸収されたものの、タンパク質の材料として使われないアミノ酸が減るため、アミノ酸が代謝されて生じる尿素が減ります。それが、尿中に排せつされる尿素的の量に反映します。いっぽう、糞中に排せつされる窒素化合物は、飼料の未消化物、腸内細菌と腸の細胞に由来するとされています。したがって、飼料の影響は受けにくいと考えられます。

生体内で利用されないアミノ酸を減らすことができれば、汚水浄化処理設備の稼働負荷を低減できることに加え、排せつ物処理で発生する温室効果ガス = 一酸化二窒素 ( $N_2O$ ) を減らすことができます。これは、国内における環境負荷低減のみならず、地球温暖化を防止し、持続的な農業にも貢献します。

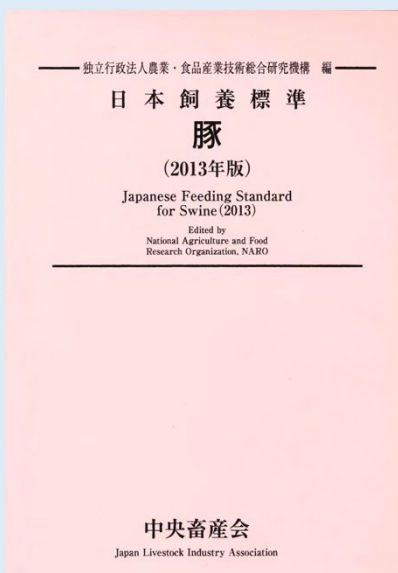
## Ⅱ. 養豚におけるアミノ酸バランス改善飼料の意義

### 1. タンパク質の要求量

豚に必要な栄養素は、人と同様に炭水化物、タンパク質、脂質、ビタミンとミネラルです。このうちタンパク質は、筋肉や酵素、ホルモンとなり、日々、合成と分解を繰り返しています。日本飼養標準により、家畜では、成長度合いによって1日何グラムのタンパク質が必要になるかが示されています。これを養分要求量と言います。

#### 参考情報 豚を飼う手引き書 日本飼養標準 豚(2013年版)

日本飼養標準は、家畜・家禽の成長過程・生産量に応じた適正な養分要求量を示したもので、我が国における家畜飼養管理の基本となります。行政、普及、教育等の分野で幅広く活用されています。



子豚(哺乳中・離乳豚)、肥育豚(前期・後期)、繁殖育成豚、妊娠豚、授乳豚の能力を最大限に引き出すように、体重ごとに増体や維持に必要なエネルギー、タンパク質およびアミノ酸、ビタミンやミネラルの必要量が書かれています。また、日本飼養標準には、我が国の畜産業が抱える諸課題、たとえば、食品残さの利用や悪臭対策に寄与するための技術も記載されています。

2013年に改訂された豚版では、環境負荷低減型配合飼料の規格も示されています。中央畜産会から3,600円で販売。

飼料会社が販売している飼料は、飼料の安全性の確保及び品質の改善に関する法律（飼料安全法）が定める飼料の公定規格に則り、日本飼養標準が示した要求量を満たすように設計されています（表 2-1）。

**表 2-1 飼料安全法が定める豚用配合飼料の公定規格**

飼料の種類	成分量の最小量 (%)				成分量の最大量 (%)		可消化養分 総量の最小
	粗タンパク質	粗脂肪	カルシウム	りん	粗繊維	粗灰分	
ア) ほ乳期子豚育成用配合飼料 (生後おおむね30kg以内の豚の育成の用に 供する飼料をいう。)	17.0	3.0	0.60	0.50	4.0	9.0	76
イ) 子豚育成用配合飼料 (生後おおむね30kgを超え70kg以内の豚 の育成の用に供する配合飼料をいう。)	14.0	2.0	0.50	0.40	5.5	9.0	74
ウ) 肉豚肥育用配合飼料 (生後おおむね70kgを超えた豚の肥育の用 に供する配合飼料をいう。)	12.0	1.5	0.45	0.35	6.5	9.0	73
エ) 種豚育成用配合飼料 (生後おおむね60kgを超え120kg以内の豚 種の育成の用に供する配合飼料をいう。)	12.0	1.5	0.70	0.55	8.5	10.0	67
オ) 種豚飼育用配合飼料 (生後おおむね120kgを超えた種豚の飼育 の用に供する配合飼料をいう。)	11.5	1.5	0.70	0.55	10.0	10.5	66

注 配合飼料中のカルシウムの重量は、りんの重量を超える量とする。

(独立行政法人) 農林水産消費安全技術センターホームページより引用

## 2. タンパク質とアミノ酸の関係

タンパク質は 20 種類のアミノ酸で構成されています。20 種類のアミノ酸のうち、人や家畜自身が体内で十分な量を作ることができないアミノ酸を必須アミノ酸といいます。必須アミノ酸の不足は、他のアミノ酸の摂取では代替されません。タンパク質を多く含む食物を摂取した場合でも、特定の必須アミノ酸の含量が少ない場合、その必須アミノ酸の摂取量に合わせて合成されるタンパク質の量が決定されます（図

2-1) 。アミノ酸は窒素を含んだ化合物のため、タンパク質合成に用いられなかった余分なアミノ酸は脱アミノ化により窒素（アミノ基：-NH<sub>2</sub>）が尿素（CH<sub>4</sub>N<sub>2</sub>O）に変換され、尿中に排せつされます（図 2-1 の赤字部分）。

マメ科植物を除くトウモロコシや米などの穀類のタンパク質は、必須アミノ酸であるリジンの含量が少ないのが特徴です。

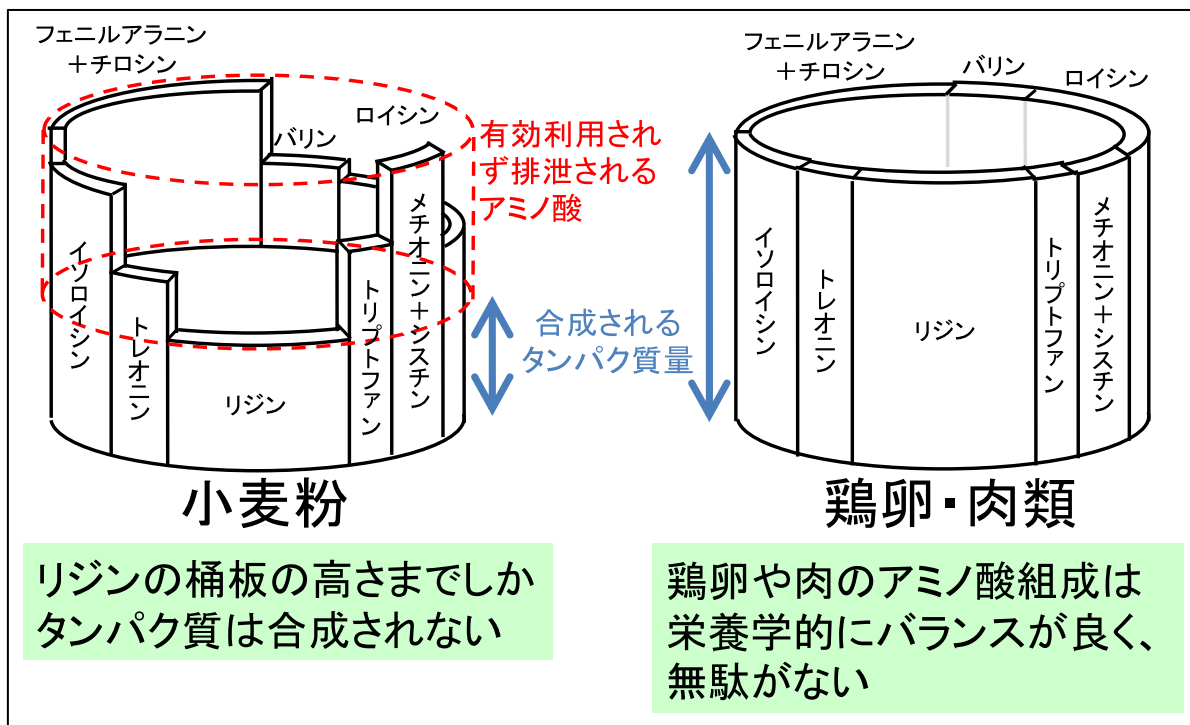


図 2-1 アミノ酸における桶の理論

桶板を必須アミノ酸、桶板の高さを食物中に含まれる必須アミノ酸量、桶にたまる水量を合成されるタンパク質に見立てています。この図から、アミノ酸が1つでも足りないと、合成されるタンパク質量が制限されることがわかります。

## 参考情報 必須アミノ酸とは？

体内で十分な量を作ることができないため、食餌から摂取しなければならないアミノ酸を必須アミノ酸、または、不可欠アミノ酸といいます。人ではメチオニン、フェニルアラニン、リジン、トリプトファン、ロイシン、イソロイシン、バリン、トレオニンの8種が該当します。

必須アミノ酸は、動物種や成長段階でも異なります。豚の場合、ヒスチジンが加わって9種類になります。また、アルギニン、シスチンやチロシンは子豚の体内合成が不十分なため、子豚期においては必須アミノ酸になります。

フェニルアラニンとチロシンは芳香族アミノ酸、メチオニンとシスチンは含硫アミノ酸として、一括りにして標記するのが一般的です。

### 3. アミノ酸バランスの重要性

豚に給与する飼料は、トウモロコシや米、大豆油絞り粕（大豆粕）といった穀類で構成されているのが一般的です。畑の肉といわれる大豆を除き、トウモロコシ等の穀類タンパク質は、必須アミノ酸のうちリジン濃度が低いのが特徴です。家畜の必要量と比較して最も不足している必須アミノ酸を第一次制限アミノ酸と呼びます。トウモロコシや米の場合、リジンが第一次制限アミノ酸になります。

必要量と比較してリジンが不足していると、タンパク質の総量が要求量を満たしていたとしても、リジン以外のアミノ酸が十分に利用されません。こうした飼料はアミノ酸バランスが悪いといえます。

一方で、リジンを満たすように大豆粕のようなタンパク質が豊富な飼料を多めに配合すると、タンパク質量もリジン以外のアミノ酸も過多になって無駄が生じます。結果

として、このような飼料はアミノ酸バランスが悪いといえます。したがって、アミノ酸バランスを整えることが、飼料中のタンパク質を無駄なく使うために重要になります。

米国や英国の飼養標準では、飼料中のタンパク質の量よりもアミノ酸バランスを重視するようになりました。日本飼養標準 豚（2013年版）では、飼料安全法が定める飼料の公定規格の関係で、タンパク質とアミノ酸の要求量が併記されていますが、次の改訂ではアミノ酸要求量に重点が置かれる予定です。

タンパク質含量が高い方が豚にとっては良いと思いがちですが、これからはアミノ酸バランスを重視するように、考えを変えていかなければなりません。

### 参考情報 タンパク質と粗タンパク質

タンパク質中に含まれる窒素含量は平均すると16%です。したがって、窒素含量を調べ、その数値に6.25(=100/16)を乗ずれば、およそそのタンパク質含量が分かります。これを粗タンパク質(Crude protein=CP)と言います。この標準作業手順書では、タンパク質の機能性等を論じないことから、飼料成分の1つである粗タンパク質=タンパク質として記載しています。

### 参考情報 飼料や排せつ物中の窒素量の求め方

生化学でのタンパク質含量の測定は、Lowry法、Bradford法が一般的です。畜産では生化学実験のような精密さが求められないため、飼料、ふんや尿中の総窒素量をケルダール法や燃焼法(デュマ法)により測定します。得られた窒素量に係数6.25を乗じてタンパク質量としています。

本文中に、飼料中や尿中に排せつされた窒素量という表現がされていますが、これは試料中の窒素量を実際に測定した結果です。

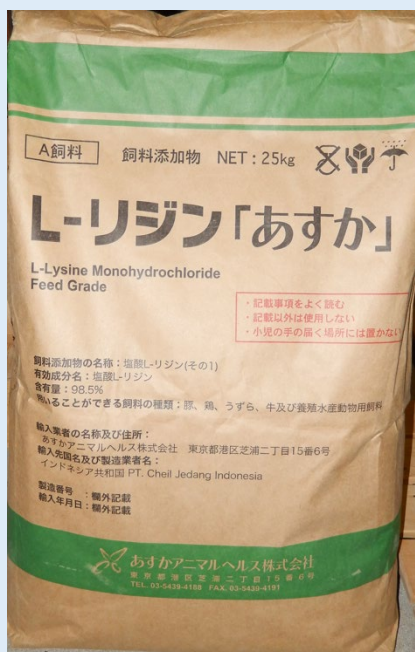


### Ⅲ. 技術の概要と特徴

穀類主体の配合飼料の場合、第一次制限アミノ酸であるリジンの要求量を満たすようにすれば、他の必須アミノ酸の要求量は充足します。この時、リジン以外の必須アミノ酸は要求量を超えているので、超えた分はタンパク質合成の材料としては使われず肝臓とで代謝され、尿素として尿中に排せつされます（図 3-1 の上段）。

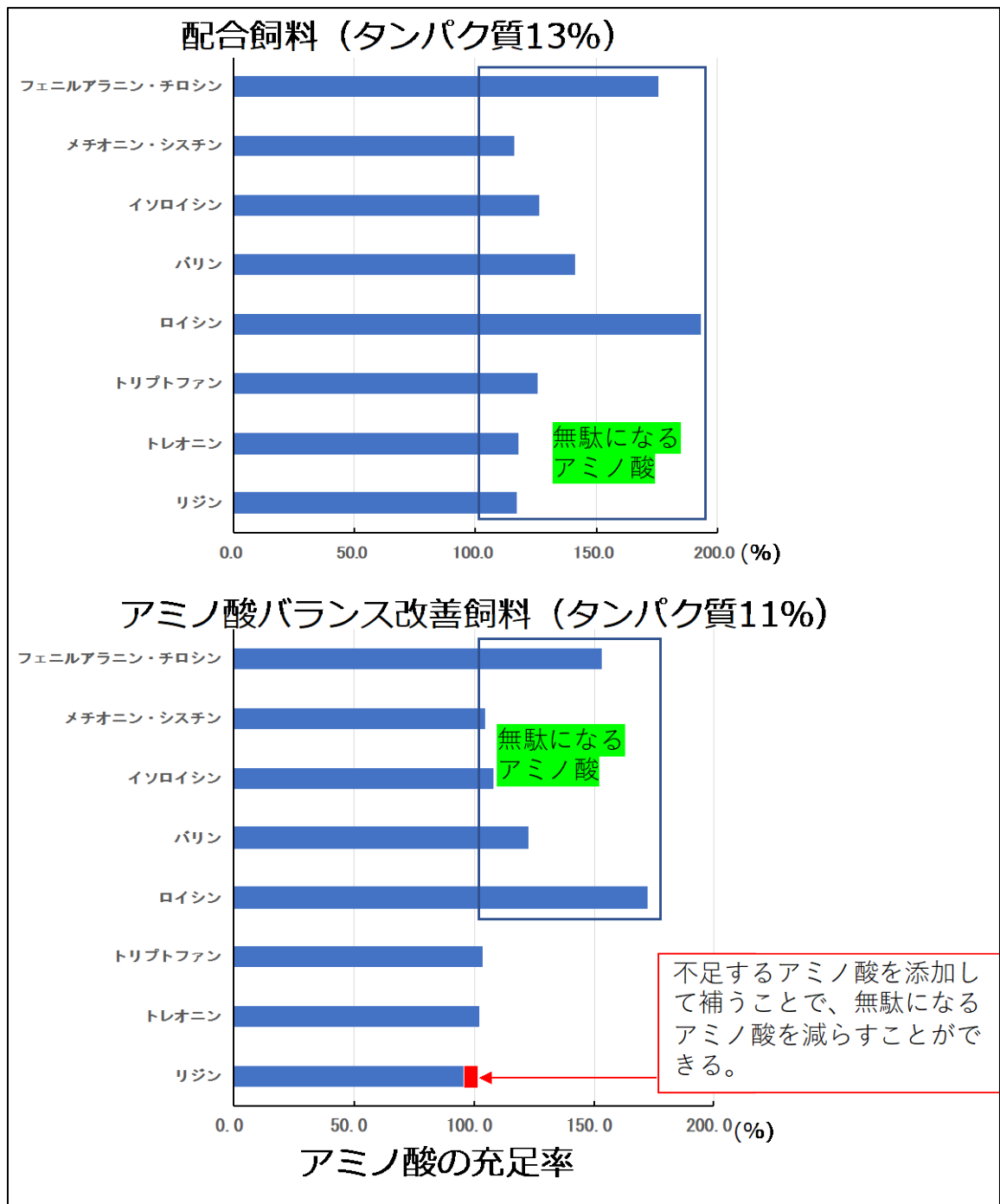
アミノ酸バランス飼料の考え方はシンプルです。飼料全体のタンパク質の量を減らして、不足するリジンを単体で補い、飼料中のアミノ酸バランスを整えて、無駄なくタンパク質に合成されるようにすることです（図 3-1 の下段）。これにより、尿中に排せつされる窒素を減らすことができます。

#### 参考情報 飼料添加物として認められている結晶アミノ酸



飼料の安全性の確保及び品質の改善に関する法律（飼料安全法）で飼料添加物として認められているアミノ酸は 15 種類あり、塩酸 L-リジン (=リジン塩酸塩)、L-トリプトファン、L-トレオニン、DL-メチオニン、L-アルギニンなどは、味の素ヘルシーサプライ株式会社や住友化学株式会社、あすかアニマルヘルス株式会社等から市販されています。

成長が著しい離乳期や子豚期の配合飼料には、こうしたアミノ酸が添加されています。



**図 3-1 アミノ酸バランス改善飼料の考え方**

不足するアミノ酸を添加して（赤いカラム）アミノ酸バランスを改善すると、無駄になるアミノ酸を大幅に抑えることができます。

## IV. アミノ酸バランス改善飼料の給与効果

### 1. アミノ酸バランス改善飼料給与による肥育成績

茨城県畜産センター養豚研究所において、32頭の肥育豚（LWD 三元交雑種）に、表 4-1 に記載した組成のアミノ酸バランス改善飼料を肥育前期・後期を通じて給与し、慣行飼料の場合と比較検討しました。タンパク質含量を落とし、その代わりに 4 種類の結晶アミノ酸（リジン、メチオニン、トレオニンとトリプトファン：いずれも必須アミノ酸）を添加して要求量を充足させ、その飼養試験結果と排せつ物中の窒素含有量の低減を確認しました。

#### 参考情報 日本で一番多く飼われている LWD 三元交雑種

ランドレース(L) × 大ヨークシャー種(W)を掛け合わせて生まれた LW 雌豚に、デュロック種(D)を掛けて得られた豚を LWD 三元交雑種(三元豚)といいます。

LW 種は産肉と繁殖性に優れており、D 種は肉質に優れていることから、三元交雑にすることで、たくさんの子豚が生まれ、肉として使用できる部分が多く、肉質が良い特徴を示します。日本で一番使用されている品種です。

LWD の他の三元豚としては、バークシャー(B:黒豚)を止め雄にして肉質に特徴をもたせた LDB(平田牧場)や LWB(高原精麦)があります。

表 4-1 に示したように、アミノ酸バランス改善飼料のタンパク質含有量は、肥育前期では 1.3 ポイント（ポイント=%と同等の意味）、肥育後期には 3 ポイント以上低減させています。不足するアミノ酸は、結晶アミノ酸を添加して補っています。

表 4-1 の飼料を給与した肥育成績を表 4-2 に示しました。生時から出荷までの

1日平均増体量は0.91と0.90kgで有意差はありませんでした。肥育後期期間（70～110kg）では1.08と0.97kgになり、若干増体が落ちました。

本試験においては、肥育前期と後期で日増体量に差がありましたが、出荷日齢（110kg 到達日数）に差はありませんでした。したがって、アミノ酸バランスを整えた飼料を給与しても、成長には影響がないと考えられます。

**表 4-1 慣行飼料とアミノ酸バランス改善飼料の組成とタンパク質含量の比較（2016年試験より）**

配合割合 (%) 飼料原料	肥育前期 (体重30-70kg)		肥育後期 (体重70-110kg)	
	慣行飼料	アミノ酸バランス 改善飼料	慣行飼料	アミノ酸バランス 改善飼料
トウモロコシ	73.27	78.71	66.36	74.01
大麦			14.00	14.00
大豆粕	23.31	17.99	16.50	9.00
動物性油脂	1.16	0.66	1.28	0.78
第2リン酸カルシウム	0.79	0.86	0.46	0.55
炭酸カルシウム	0.89	0.90	0.89	0.87
塩化ナトリウム	0.21	0.21	0.21	0.21
ビタミン剤	0.20	0.20	0.20	0.20
塩化コリン60	0.05	0.05	0.05	0.05
ミネラル剤	0.05	0.05	0.05	0.05
リジン塩酸塩	0.05	0.21		0.22
メチオニン	0.02	0.07		0.01
トレオニン		0.07		0.04
トリプトファン		0.02		0.01
計	100	100	100	100
可消化養分総量 (%)	78	78	78	78
粗タンパク質 (%)	15.6	14.3	14.1	10.7
* 窒素換算量 (%)	2.5	2.3	2.3	1.7
可消化エネルギー (kcal/kg)	3453	3446	3437	3438

飼料原料の配合割合と日本標準飼料成分表による計算値

日本畜産学会報 87巻4号, 376-380, 2016より引用

**表 4-2 成長と枝肉格付への影響**

	慣行飼料	アミノ酸バランス 改善飼料
日増体量 (kg/日)		
(生時~110kg)	0.91±0.41	0.90±0.10
(70~110kg)	1.08±0.18	0.97±0.12 *
110kg到達日数 (日)	166.0±15.4	165.4±8.3
上物格付率 (%)	72.5	75.0

\* P<0.05 (統計的に有意差あり)

### 参考情報 豚枝肉の格付とは



(公社)日本格付協会が定める、豚枝肉取引規格により、枝肉にした時の外観や皮下脂肪の厚さを基に、極上、上、中、並、等外まで5段階に評価する方法。格付ごとに卸売価格は日々変動します。令和5年1年間の全国平均は、上物価格 613 円(kg)、並 535 円(kg)で、78 円の差がありました。

肥育豚の枝肉格付けは、上物率がアミノ酸バランス改善飼料給与で 75%、慣行飼料給与で 72.5%であり同等の成績でした(表 4-2)。したがって、アミノ酸バランス改善飼料を給与しても、枝肉の格付には影響はないと考えられます。

上物格付率に差がなかったことは重要です。110~115kg で出荷した場合の枝

肉重量は 75～80kg 程度です。「上」と「並」の価格差が 54 円の場合、「並」と格付されることで、「上」と比較して、一頭あたり 4050～4320 円の収益の低下につながる計算されるためです。

## 2. アミノ酸バランス改善飼料の汚水浄化処理負荷の軽減

上述の試験において、肥育後期期間に排出される尿の汚水処理効果を慣行飼料の場合と比較しました。茨城県畜産センター養豚研究所の豚舎（図 4-1 の写真）の豚舎床下の尿溝から、各試験区の尿汚水を全量採取して排せつ尿量、尿中に排せつされた総窒素量を測定しました。

表 4-3 に示したように、尿量が慣行飼料給与に比べて約 3 割低減したことに加え、窒素量は 58%低減しました（図 4-2）。汚水処理中の硝酸性窒素等の濃度も 60%低減しました（図 4-3）。



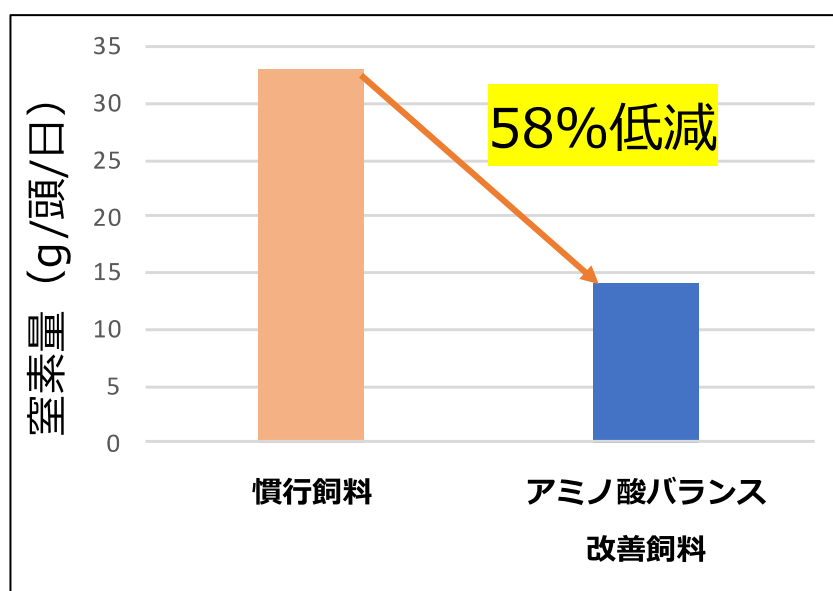
**図 4-1 アミノ酸バランス改善飼料の肥育試験**

開放豚舎、床面は全面スノコ、敷料不使用。床下の尿溝から尿汚水をくみ上げて採取。尿量、窒素量の測定に用いました。

**表 4-3 アミノ酸バランス改善飼料の窒素排出低減効果**

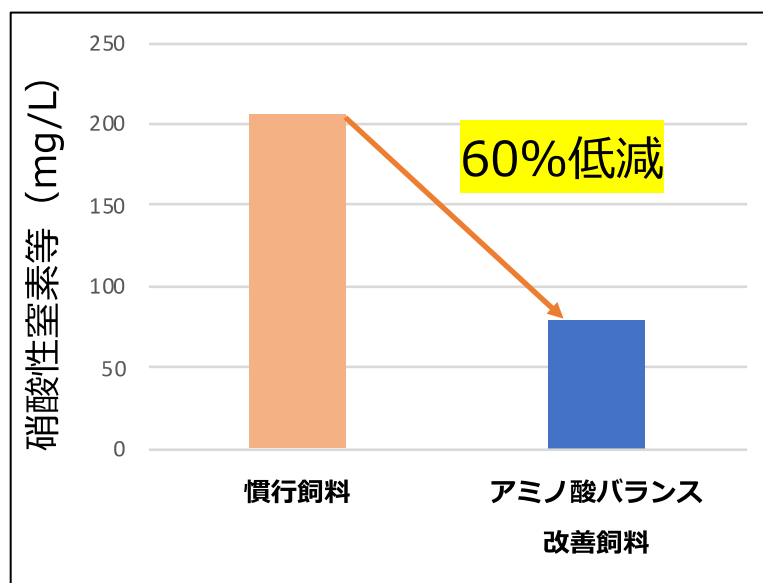
	慣行飼料	アミノ酸バランス 改善飼料
尿量 (L/頭/日)	5.98±4.6	3.97±2.3
窒素量 (g/頭/日)	33.0±26.0	14.0±12.1

日本畜産学会報 87巻4号, 373-380, 2016より引用



**図 4-2 尿中に排せつされた窒素量**

アミノ酸バランス改善飼料を給与すると、尿中に排せつされる窒素量が大幅に減少します。



**図 4-3 汚水処理水中の硝酸性窒素等の濃度**

図 4-2 に示したように、排せつされる窒素量が減ること  
で、汚水処理中に発生する硝酸性窒素等の濃度も減少  
します。

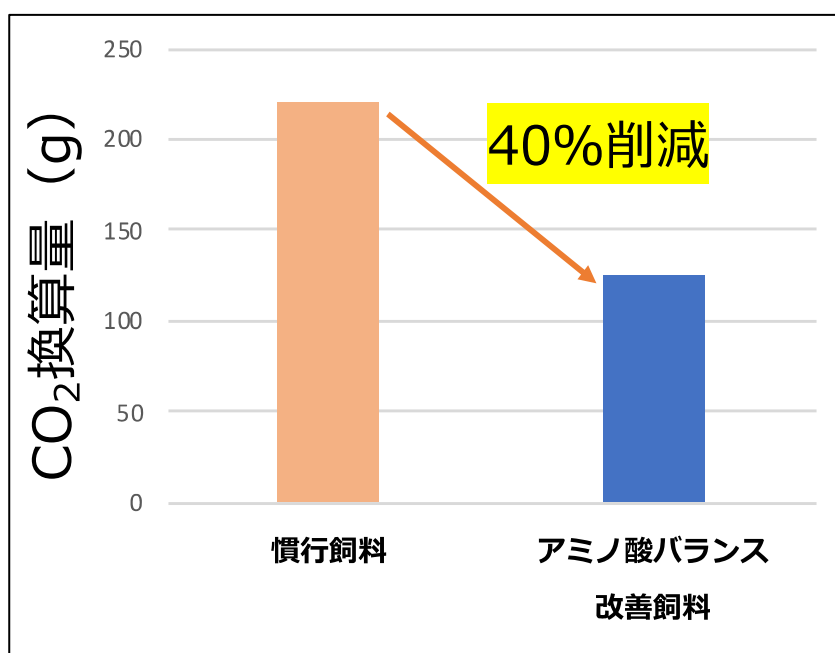
窒素処理に良好な有機汚濁物質とのバランスとなったことから、水質汚濁防止  
法で定められている硝酸性窒素等の暫定基準（500mg/L）のみならず、一般  
排水基準（100mg/L）を安定してクリア出来ることが確認できました（図 4-3）。

浄化処理能力の向上は設備の増強によっても実現できますが、更新・改修には  
多くの費用がかかるため容易ではありません。アミノ酸バランス改善飼料の価格は、  
慣行飼料と同額もしくは安価です（詳細は後述のⅦ. 関係情報を参照）。経費  
を抑えつつ排水中の窒素を低減させる方策としてアミノ酸バランス改善飼料の給与  
は効果的な対策技術であると考えます。

アミノ酸バランス改善飼料を給与して排せつ物中の窒素が少なくなると、汚水処  
理中の窒素濃度が大幅に低減します。汚水中の窒素は、汚水浄化の処理工程で



約 3%が一酸化二窒素（ $N_2O$ ）という二酸化炭素の約 300 倍の温室効果を持つガスとして排出されます。この濃度が低減することにより、一酸化二窒素（ $N_2O$ ）を中心に、汚水処理の際に排出される温室効果ガスを 40%削減でき（図 4-4）、地球温暖化の抑制にも、大きく貢献できます。



**図 4-4 温室効果ガスの削減量**

CO<sub>2</sub>換算量：温室効果ガスはその種類により効果が異なるため、排出されるガスの温暖化促進効果を二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）を基準として換算したもの。汚水処理水中の硝酸性窒素等の低減に伴って、温室効果ガスである一酸化二窒素（ $N_2O$ ）の発生量も減少します。

### 3. アミノ酸バランス改善飼料の温室効果ガス排出削減ポテンシャル評価

農研機構畜産研究部門では、家畜排せつ物から発生する温室効果ガスを精密に測定・評価する方法を開発し、新潟大学、群馬県畜産試験場、味の素株式会社と共同で、肥育豚へのアミノ酸バランス改善飼料給与による肥育成績と同時に

温室効果ガス削減効果を評価しました。本試験は 2008 年～2009 年に、新潟大学農学部付属村松ステーションにて実施しました。

この試験では、トウモロコシと大豆粕主体の一般的な慣行飼料を肥育前期（LWD 三元交雑種、体重 30～50kg）の豚に給与しました。

慣行飼料（タンパク質含有量 17.1%）ではすべてのアミノ酸は要求量を満たしています。アミノ酸バランス改善飼料（タンパク質含有量 14.5%）では、リジン、トレオニン、メチオニン+シスチン、トリプトファンが不足するため、これらを結晶アミノ酸として添加しました（図 4-6）。飼料中のタンパク質は慣行飼料に比べて 2.6%低くなっていますが、必須アミノ酸は要求量を満たし、これまで示してきたように、飼養成績等には影響はありませんでした。この試験における、排せつ物中の窒素量を表 4-4 に示します。

**表 4-4 アミノ酸バランス改善飼料の排せつ物中の窒素量に対する効果**

	慣行飼料	アミノ酸バランス 改善飼料
窒素摂取量 (g/日)	62.7±8.7	52.5±6.4
尿中窒素排せつ量 (g/日)	20.7±6.0	12.3±3.6
ふん中窒素排せつ量 (g/日)	10.3±1.3	9.8±1.4
総窒素排せつ量 (g/日)	31.0±8.1	22.1±4.8
平均値 (5頭) ±標準誤差		

体外に排せつされる窒素量はアミノ酸バランス改善飼料では少なくなります。表 4-4 に示したように、1 日あたりの窒素摂取量はアミノ酸バランス改善飼料で少なくなり、それに伴って尿中に排せつされる窒素量が大幅に減少。一方、ふん中への窒素排せつ量はあまり変化がありません（参考情報 生体内でのタンパク質（窒素）

代謝を参照)。尿中に排せつされる窒素量が大幅に減少することで、総窒素排せつ量が低下します。

アミノ酸バランス改善飼料給与による窒素排せつ量削減効果は、その後の処理にどんな影響を与えるのでしょうか。ふん尿性状と温暖化の観点で今回評価試験を行いました。排せつされたふん尿に顕著な差異はなく、温室効果ガス発生に関しても質的な違いはなく、ただ、排出量（特に尿中の窒素：主として尿素態窒素）が削減されるという結果を得ました。

図 4-5 は、今回の試験で得られた 1 日 1 頭あたりの飼料給与、肉生産（図 4-5 の上段）から、そのときに排出されるふん尿、これを処理した場合の温室効果ガス排出量（図 4-5 下段）を 1 枚にまとめました。

削減すべき窒素の流れを、給与飼料から肉になる割合、ふん尿に排せつされる割合、さらに堆肥化处理と污水浄化处理で一酸化二窒素（ $N_2O$ ）に変換される割合として追えるように記載しました。

図 4-5 の上段に飼料中に含まれる窒素の流れを記載しました。飼料中のタンパク質含量と飼料摂取量から、慣行区（慣行飼料給与）、AB 改善区（アミノ酸バランス改善飼料）の豚 1 頭・1 日あたりの窒素摂取量が分かります。表 4-5 にタンパク質の消化率が示されているので、実際に豚の体内に入った窒素量を計算でき、さらに尿中に排泄された窒素量から、実際に豚の体内に蓄積された窒素量が計算できます。体内に蓄積された窒素はタンパク質に合成されるため、窒素蓄積量に 6.25 を乗ずれば、タンパク質生成量が計算されます。

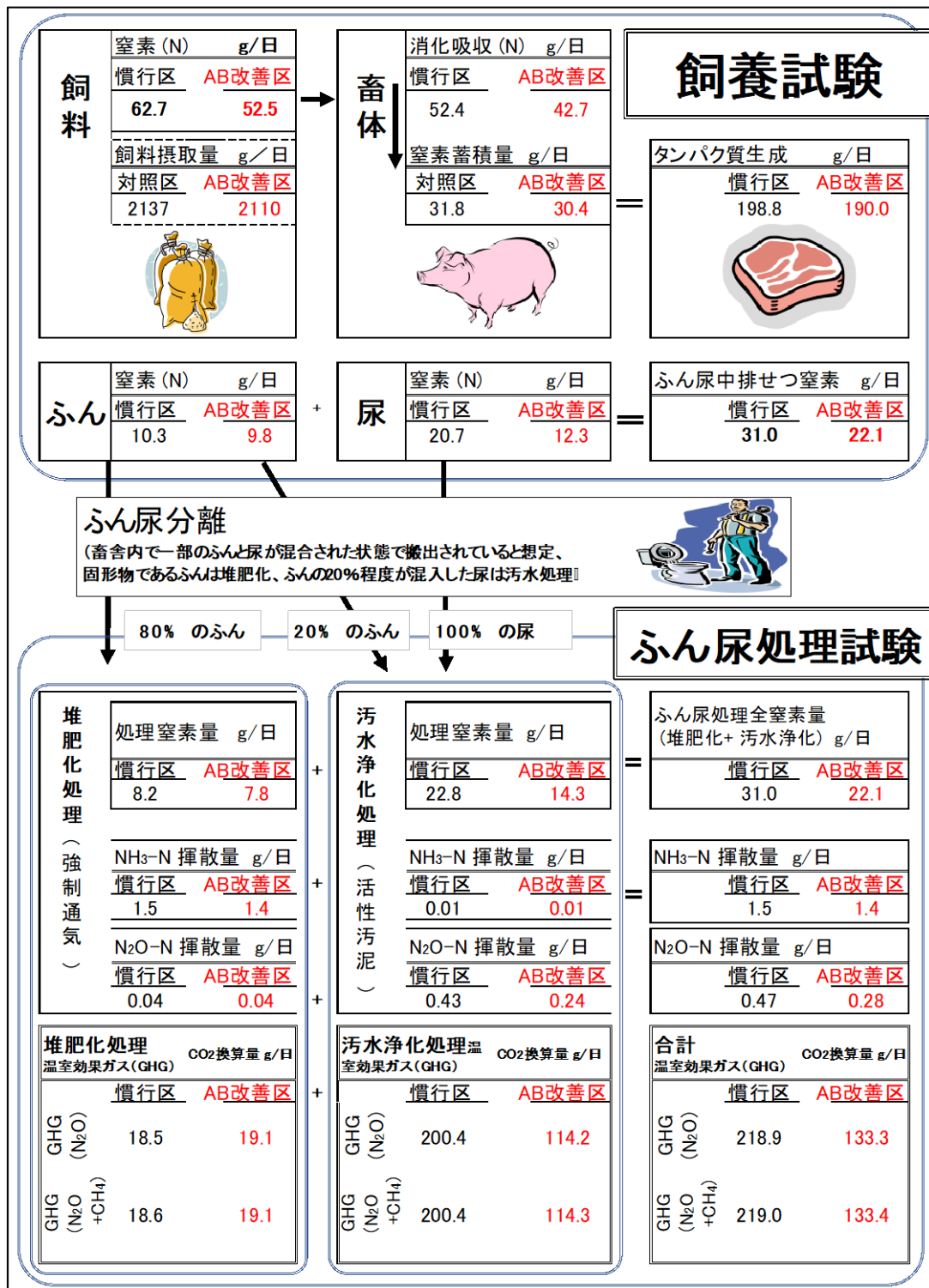


図 4-5 アミノ酸バランス改善飼料と慣行飼料の窒素フローと温室効果ガス (GHG) 発生量

慣行区：慣行飼料給与、AB 改善区：アミノ酸バランス改善飼料給与、

NH<sub>3</sub>-N：アンモニア態窒素、N<sub>2</sub>O-N：一酸化二窒素由来窒素

GHG：温室効果ガス、N<sub>2</sub>O：一酸化二窒素、CH<sub>4</sub>：メタン

\* 豚 1 頭、1 日あたりの数値を示しています。

図 4-5 の下段は、ふん尿に排泄された窒素の行方を示しています。ふん中に排泄される窒素は、未消化の飼料や腸内細菌に由来するタンパク質になり、割合としては小さい。豚の体内に入ったタンパク質（窒素）のうち使用されなかったものは、尿素として尿中に排出されます。AB改善区のそれぞれの数値が慣行区に比べて小さいのは、尿中に排泄される窒素量が大幅に低下しているためで、当然といえます。

**表 4-5 アミノ酸バランス改善飼料給与の飼養成績等**

	慣行飼料	アミノ酸バランス改善飼料
日増体量 (g/日)	860±75	940±92
飼料摂取量 (g/日)	2137±268	2110±231
飼料効率 (増体/飼料摂取量)	0.415±0.033	0.450±0.023
タンパク質の消化率	0.834±0.009	0.816±0.011
窒素の蓄積量 (g/日)	31.8±2.2	30.4±3.1
血液中の尿素態窒素量 (mg/dl)	16.6±2.0	11.7±1.2
平均値 (5頭) ±標準誤差		

表 4-5 には飼養成績、消化率等の成績を示しました。アミノ酸バランス改善飼料を給与しても、慣行飼料と比べて日増体量は遜色がありませんでした。また、タンパク質の消化率や窒素蓄積量 (=タンパク質蓄積量) も2つの飼料間で差は認められず、タンパク質を低くしてもアミノ酸を添加して要求量を満たせば、飼養成績に差はありませんでした。本試験は慣行飼料給与、アミノ酸バランス改善飼料給与を、それぞれ5頭の豚に給与して得られた結果です。日増体量など飼養成績に関する項目についてより正確なデータを得るには、頭数を増やして検証する必要があると考えています。

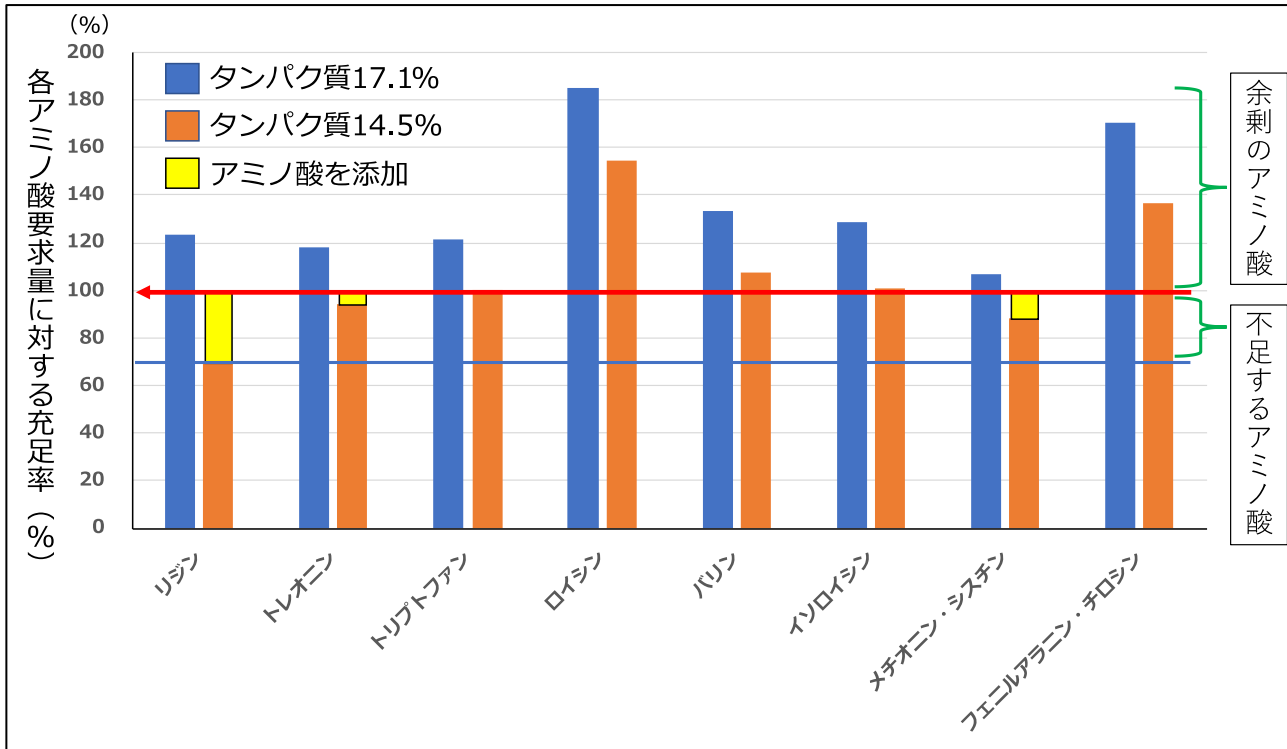
## 参考情報 血液中の尿素態窒素

人の血液検査では、主として腎臓の機能を調べるために測定される項目。一方、タンパク質栄養の状態を測る指標としても活用されます。豚における血液中尿素態窒素の正常値は 10~30mg/dl(養豚ハンドブック、養賢堂)。血液中尿素態窒素の数値がこの範囲内で、豚の日増体量やタンパク質(窒素)の蓄積量が変わらない場合、飼料中のタンパク質が効率良く、もしくは無駄なく使われていることを示しています。血液中の尿素態窒素が低ければ、尿中に排出する窒素量も低減します。

表 4-5 のようにアミノ酸バランス改善飼料を給与すると、血液中の尿素態窒素が低くなり、尿中に排出される窒素量が減少することを裏付けています。

図 4-6 に、慣行飼料とアミノ酸バランス改善飼料のアミノ酸組成を示しました。飼料中の粗タンパク質(タンパク質)含量を減らすことで要求量を満たさないアミノ酸を添加することで、余剰(無駄になる)アミノ酸を大幅に低減し、その結果、表 4-4 に示したように、排せつ物中の窒素量を減らすことができます。

一酸化二窒素( $N_2O$ )は年間約 939 万トン(2017 年度、二酸化炭素換算)が農業活動から発生しています。畜産業から出る窒素(ふん尿)の大半が、耕種農家の肥料として使用されているため、一酸化二窒素( $N_2O$ )が農業活動から主に発生するのは当然です。ただ、窒素を効率よく使うことは温暖化防止にも貢献します。持続可能(SDGs:「Sustainable Development Goals(持続可能な開発目標)」)な畜産業の努力を示す良い機会です。



**図 4-6 慣行飼料（タンパク質 17.1%）とアミノ酸バランス改善飼料（14.5%+アミノ酸）のアミノ酸組成**

タンパク質（飼料中の窒素含量を測定し、6.25 を乗じた数値）

慣行飼料は全てのアミノ酸要求量を充足するために、タンパク質含量は高くなっています。アミノ酸バランス改善飼料は、タンパク質含量を抑える代わりに、不足するアミノ酸を添加して要求量を満たし、バランスを整えるように設計しました。

この成果により、アミノ酸バランス改善飼料は、農業系のオフセット・クレジット制度の方法論になりました（図 4-7）。既にこの方法論は養豚経営で申請・活用され、削減された温室効果ガスがクレジットとして活用されています。図 4-8 のように、国内畜産の初の取組として高く評価されました。

## AG-001：豚・ブロイラーへのアミノ酸バランス改善飼料の給餌

- 【削減方法】
- 慣用飼料に代えてアミノ酸バランス改善飼料を給餌することにより、排せつ物管理からのN<sub>2</sub>O排出量を抑制する。
- 【適用条件】
- プロジェクト実施前において、慣用飼料給餌量が、豚は「日本飼養標準」の1.2倍、ブロイラーは品種ごとに定められた「栄養推奨値」の1.1倍を上回らないこと。
  - プロジェクト実施後において、慣用飼料のCP含有率(%)から1~3%引き下げたCP含有率のアミノ酸バランス改善飼料を給餌し、豚はその給餌量が「日本飼養標準」の1.2倍、ブロイラーは品種毎に定められた「栄養推奨値」の1.1倍を上回らないこと。
  - 排せつ物の処理方法は「貯留、天日乾燥、火力乾燥、強制発酵、堆積発酵、焼却、浄化」のいずれかであること。
  - アミノ酸バランス改善飼料を給餌する家畜は肥育豚・ブロイラーであること。
  - ブロイラーへの給餌について、プロジェクト実施後の1日1羽あたりのCPの給餌量が、プロジェクト前より増加しないこと。
- 【ベースライン  
排出量の考え方】
- 肥育豚・ブロイラーをアミノ酸バランス改善飼料ではなく、慣用飼料で使用した場合に想定される温室効果ガス排出量
- 【主なモニタリング項目】
- 排せつ物の管理区分
  - 肥育豚の平均飼養頭数及び飼養日数、ブロイラーの平均飼養羽数及び飼養日数
  - 慣用飼料及びアミノ酸バランス改善飼料のCP含有率(%)
  - ブロイラーへのプロジェクト実施前後の1日1羽当たりの給餌量(重量)

### 【方法論のイメージ】

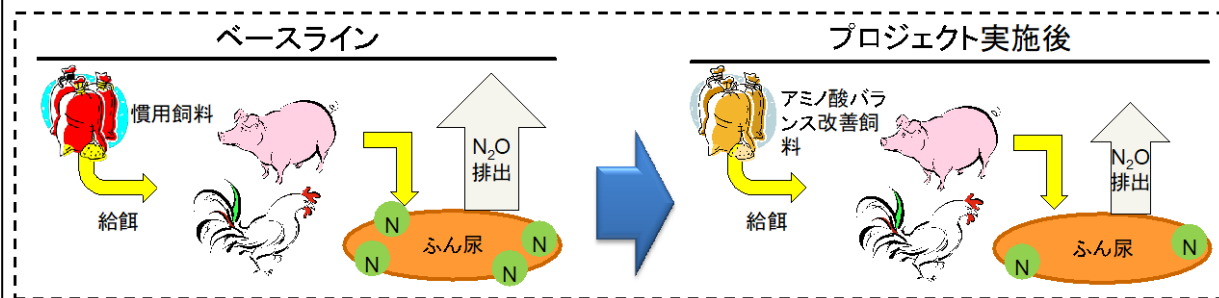


図 4-7 アミノ酸バランス改善飼料のオフセット・クレジット

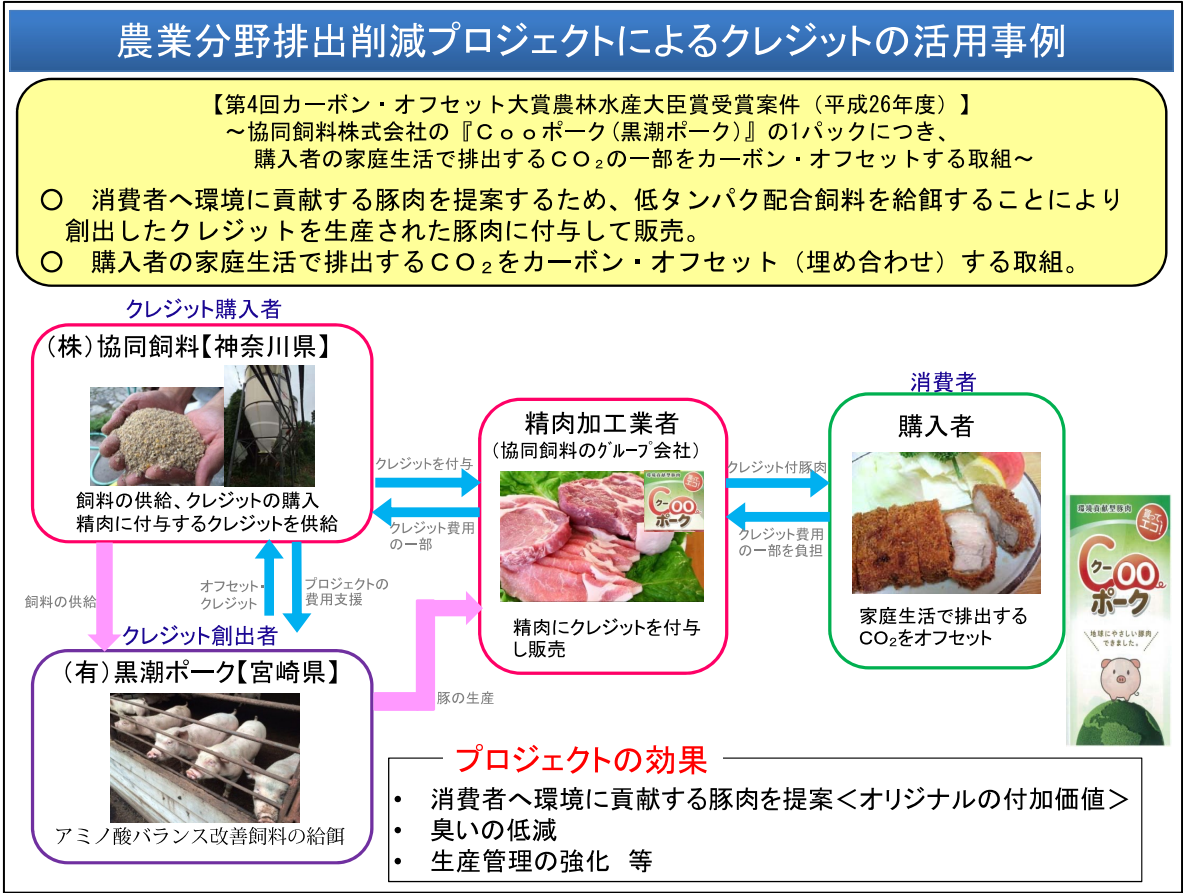
J-クレジット (→参考情報) の削減方法論として規定されました。

(2020年3月現在、ver.2.2 : Jクレジット制度 HP より転載)

<https://japancredit.go.jp/>

尚、AG-001 は 2023 年 11 月に更新され、ver4.1 となり、「牛・豚・ブロイラーへのアミノ酸バランス改善飼料の給餌」と名称が変更され、豚、ブロイラー以外に乳牛、肉用牛にも範囲を広げている。





**図 4-8 農林水産分野における J-クレジットの活用事例**

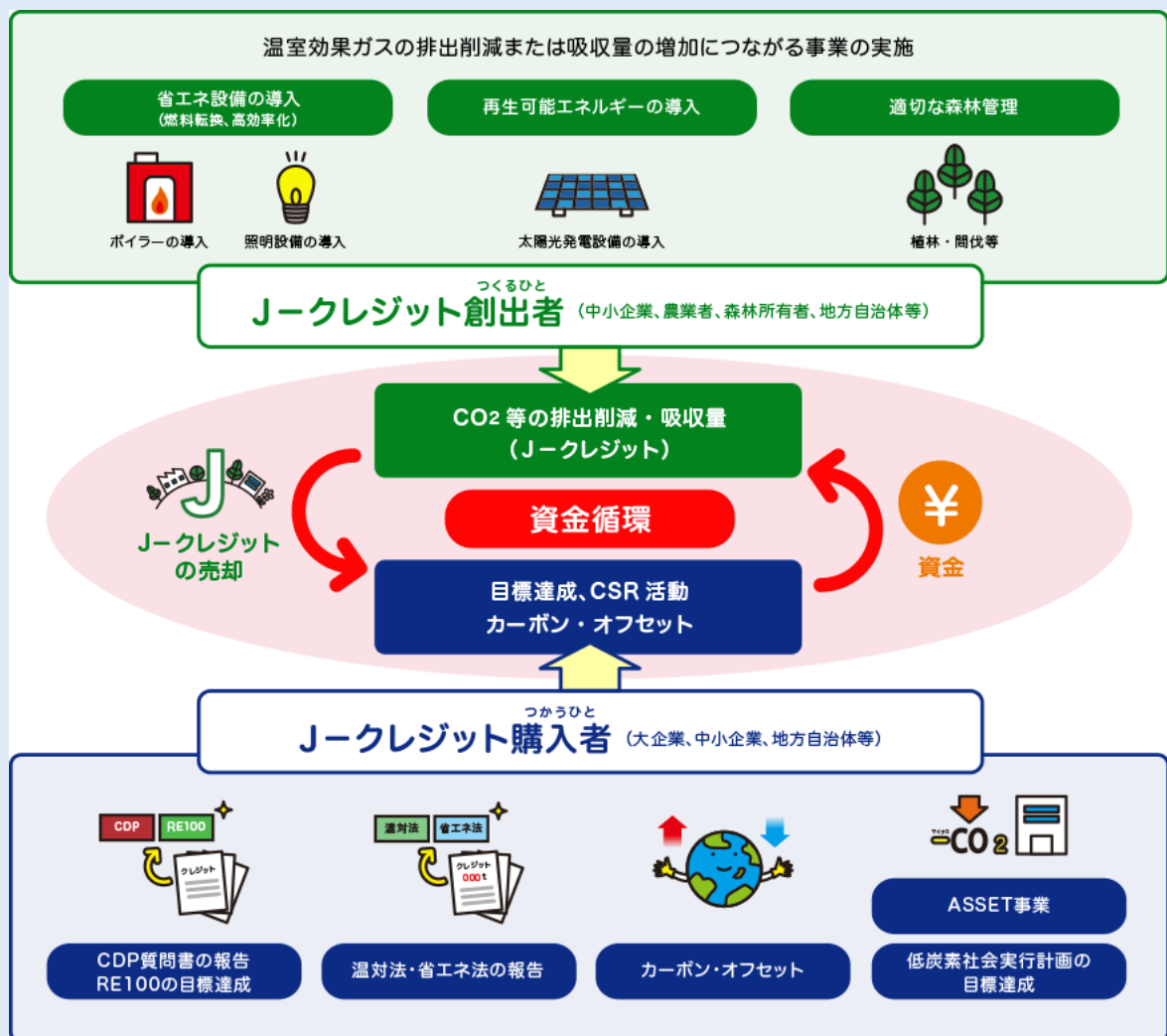
[https://japancredit.go.jp/steering\\_committee/data/haihu\\_150316/04.pdf](https://japancredit.go.jp/steering_committee/data/haihu_150316/04.pdf) を参照。

## 参考情報 J-クレジット制度について

国が認証するJ-クレジット制度とは、省エネルギー機器の導入や森林経営などの取組による、CO<sub>2</sub>などの温室効果ガスの排出削減量や吸収量を「クレジット」として国が認証する制度です。

本制度は、国内クレジット制度とオフセット・クレジット（J-VER）制度が発展的に統合した制度で、国により運営されています。

本制度により創出されたクレジットは、低炭素社会実行計画の目標達成やカーボン・オフセットなど、様々な用途に活用できます。



J-クレジットのホームページより引用

## 参考情報 タンパク質・アミノ酸の要求量

成長期にはエネルギーやタンパク質の要求量は常に変化します。豚は単胃動物(胃が1つ)なので、必要な栄養素はほぼ人と同じです。

離乳期には消化の良いタンパク質・エネルギー価が高い飼料、肥育前期(30-70kg)は成長が著しい時期なので、エネルギー、タンパク質、ミネラル、ビタミンが多めに必要です。

肥育後期になると身体はほぼ出来上がり、肉になる筋肉や脂肪の品質を重視し、エネルギーやタンパク質を抑えつつ、大麦など脂肪の質を高める原料を配合するのが一般的です。

日本には300種を超えるブランド豚肉が存在します。肥育後期に飼料用米、大麦などを給与して、「こめ豚」「麦豚」などの名前をつけている場合が多くみられます。

原料の特性に応じて、エネルギー飼料(デンプン質が多い)、タンパク質飼料(タンパク質含量が高い)、ミネラル・ビタミン飼料(食塩、炭酸カルシウムやビタミン類などを要求量に合うように混合した飼料)に分類されます。エネルギー飼料は米やトウモロコシ、タンパク質飼料は大豆粕、ナタネ粕(油を絞った粕)が一般的に用いられます。エネルギー飼料であるトウモロコシや米には脂肪が含まれています。厚脂による格落ちを防ぐために、一般的には肥育後期豚に油脂類を添加することはありません。

## V. アミノ酸バランス改善飼料の導入手順

### 1. アミノ酸バランス改善飼料の設計

養豚用飼料の主原料は、エネルギー源としてのトウモロコシ、飼料用米や麦類と、タンパク質源では大豆粕、ナタネ粕、になります。これらを主要な飼料成分とし、エコフィード設計プログラムを使って、飼料設計をしてみます。

#### (1) エコフィード設計プログラムの準備

エコフィード設計プログラムは農研機構畜産研究部門ホームページ

(<http://www.naro.affrc.go.jp/laboratory/nilgs/contents/program/ecofeed/index.html>) にてダウンロード可能です。

上記にアクセスし、ファイル（エクセルファイル）をダウンロードしてください。ファイルを開くと4つのシート、「要求量計算シート」「飼料計算シート」「飼料成分表シート」「コスト最小化シート」の4つが見えます。「飼料成分表シート」には、既に主要な飼料原料の成分値が入っています。このシートにない飼料原料も、成分が分かっている場合は自分で入力することが可能です。

#### (2) 飼料の設計（図 5-1）

「要求量計算シート」を開き、表 1 に必要な情報（緑色ぬりつぶしのカラム）を入力します。ここでは肥育後期豚の飼料を設計します。肥育後期豚の体重は 70～115kg なので、ほぼ中央値の 90kg を入力します。増体重は 0.85 を入力します（日本飼養標準に準拠）。単純に配合設計だけであれば、表 1 の頭数は 1 にします。数値を入力すると自動的に表 3 の総養分要求量（乾物飼料中含量）に反映されます。表 3 の数値を基に、飼料配合の計算がおこなわれます（図 5-1）。

### 要求量計算シート

対象となる豚の体重、求められる増体量、豚の頭数を下記に入力する。  
それにより、群全体で必要となる総要求量を計算される。

表1 データ入力

体重	90	kg
増体量	0.85	kg/day
頭数	1	頭

表2 養分要求量(乾物飼料中含量)

	体重	CP% 粗タンパク質	DE Mcal/kg 可消化エネルギー	Ca %	P%
1	1-5	27.59	4.46	1.03	0.63
2	5-10	25.29	4.25	0.92	0.52
3	10-20	21.84	3.91	0.80	0.46
4	20-30	19.54	3.91	0.75	0.34
5	30-50	17.82	3.79	0.69	0.31
6	50-70	16.67	3.79	0.63	0.26
7	70-115	14.94	3.79	0.57	0.23

表3 総養分要求量

DM	3	kg/day
CP	392	g
DE	10	Mcal
TDN	2	kg
Ca	15	g
非フィチンP	6	g
リジン	17	g

### 図 5-1 エコフィード設計プログラムの要求量計算シートシート

表1に必要なデータを入力。肥育後期であれば、70～115kgの中央値90kgを入力します。1日あたりの増体量は0.85～1.0kgの値を入力。日本飼養標準では、肥育後期の1日あたりの期待増体量は0.85kgと1.0kgの二段階があります（このシートでは0.85を入力）。配合設計のみであれば、頭数は1にすると、分かりやすくなります。

表 4-1 の飼料配合を基に、エコフィード設計プログラムを使ってみます。飼料成分表シートには、主要な飼料原料の成分値は入力済みです（日本標準飼料成分表 2009 年度版の数値）。A 列の数字（デフォルトでは 1 のトウモロコシ～120 の泡盛焼酎廃液）を飼料計算シート A 列（飼料 No.）に入力すると、番号が B 列の飼料名とリンクしており、飼料名が自動入力されます。次いで、C 列の給与量原物 kg に配合量（%）を入力します。表 2 に記載されている通りに入力した配合割合が表 5-1 になります。

**表 5-1 慣行飼料（表 4-1）の成分値試算**

飼料No.	飼料名	給与量 原物kg	乾物 %	乾物量 kg	乾物割合 %DM	DE Mcal	TDN kg	CP ----- g -----	リジン -----
1	トウモロコシ	66.36	85.5	56.74	65.4	236.2	53.62	5043	165.9
4	大麦	14.00	88.5	12.39	14.3	43.5	9.88	1484	57.4
20	大豆粕	16.50	88.2	14.55	16.8	51.8	11.73	7425	478.5
64	動物性油脂	1.28	99.0	1.27	1.5	12.1	2.74	0	0.0
83	第二リン酸カルシウム	0.46	96.0	0.44	0.5	0.0	0.00	0	0.0
85	炭酸カルシウム	0.89	99.6	0.89	1.0	0	0.00	0	0.0
86	食塩	0.21	98.5	0.21	0.2	0.0	0.00	0	0.0
122	プレミックス	0.30	98.0	0.29	0.3	0	0.00	0	0.0
給与養分量		100.00		86.78	100.0	343.7	77.97	13952	701.8
成分含量(%DM)				86.8		396.0	89.9	16.1	0.81
充足率, %							104.5	107.6	124.5
		CP（タンパク質含量）：乾物で16.1%→原物中では14.0% 乾物100：タンパク質16.1＝原物86.8：x → x=14.0							

- ・DE（Digestible Energy）：可消化エネルギー。飼料の総エネルギーからふんとして排出されたエネルギーを差し引き、体の中に取り込まれたエネルギーのこと。
- ・TDN（Total Digestible Nutrients）：可消化養分総量。飼料のエネルギー含量を示す単位のひとつで、飼料中に含まれる家畜家禽によって消化吸収される養分量を合計したものです。
- ・CP（Crude Protein）：粗タンパク質。タンパク質には窒素が平均して 16% 含まれていることから、飼料中の窒素を測定して 6.25 を乗じたものを、粗タンパク質としています。

## 参考情報 乾物と原物

日本で一般的に用いられる飼料原料は、乾いた状態(風乾物)になっています。乾いた状態でも水分は残っており、保存状態や季節によっても、水分含量は異なってきます。平均すると約 13%の水分が含まれると考えられます。水分を含んだ状態のことを原物といいます。水分を除いた 87%を乾物(Dry Matter: DM)といいます。飼料の栄養価(成分値)は、原物の他に乾物に換算した数値を比較する必要があります。例を示します。

飼料名	水分含量(%)	乾物含量(%)	タンパク質(原物%)	タンパク質(乾物%)
大豆粕	11.8	88.2	45.0	51.1
ナタネ粕	11.8	88.2	37.3	42.3
酒粕(H社)	53.9	46.1	23.2	50.3
豆腐粕(生)	77.5	22.5	5.9	26.2

大豆粕とナタネ粕は日本での代表的なタンパク質原料です。

乾物中のタンパク質含量は 51.1%、42.3%と高い数値です。

H社の酒粕は、原物でのタンパク質含量は 23.2%ですが、乾物に換算すれば 50.3%と、大豆粕に匹敵するタンパク質含量になります。豆腐粕は原物中のタンパク質含量は 5.9%しかありませんが、乾物に換算すると 26.2%と比較的多く含まれています。豆腐の原料は大豆なので、アミノ酸組成も良好です。こうした国産飼料資源の活用も、養豚においては重要な課題です。

この設計では（表 5-1）、タンパク質含量が乾物で 16.1%（原物換算 14.0%）、リジンが 0.81%（原物換算 0.71%）。充足率を見てみると、タンパク質は約 107.6%、リジンは 124.5%と全て充足しています。

タンパク質源である大豆粕の量を減らし、タンパク質含量を乾物で約 13%（原物で約 11.2%）に減らすと表 5-2 のようになります。

**表 5-2 タンパク質源である大豆粕を減らした飼料配合**

飼料No.	飼料名	給与量 原物kg	乾物 %	乾物量 kg	乾物割合 %DM	DE Mcal	TDN kg	CP ----- g -----	リジン
1	トウモロコシ	74.01	85.5	63.28	73.1	263.5	59.80	5625	185.0
4	大麦	14.00	88.5	12.39	14.3	43.5	9.88	1484	57.4
20	大豆粕	9.00	88.2	7.94	9.2	28.3	6.40	4050	261.0
64	動物性油脂	0.78	99.0	0.77	0.9	7.4	1.67	0	0.0
83	第二リン酸カルシウム	0.55	96.0	0.53	0.6	0.0	0.00	0	0.0
85	炭酸カルシウム	0.87	99.6	0.87	1.0	0	0.00	0	0.0
86	食塩	0.21	98.5	0.21	0.2	0.0	0.00	0	0.0
122	プレミックス	0.58	98.0	0.57	0.7	0	0.00	0	0.0
給与養分量		100.00		86.55	100.0	342.6	77.75	11159	503.4
成分含量(%DM)				86.5		395.9	89.8	12.9	0.58
充足率, %							104.4	86.3	89.5
CP (タンパク質含量) : 乾物で12.9%→原物中では11.2% 乾物100 : タンパク質12.9 = 原物86.5 : x → x=11.2									

この場合、タンパク質の充足率は約 86.3%、リジンは 89.5%となります。リジンが不足しているため、豚の体タンパク質合成が十分におこなわれず、成長遅延が生じます。そのため、不足しているリジンを添加すると、表 5-3 のようになります。



**表 5-3 アミノ酸バランス改善飼料（表 4-1）の成分値試算**

飼料No.	飼料名	給与量 原物kg	乾物 %	乾物量 kg	乾物割合 %DM	DE Mcal	TDN kg	CP ----- g -----	リジン
1	トウモロコシ	74.01	85.5	63.28	73.1	263.5	59.80	5625	185.0
4	大麦	14.00	88.5	12.39	14.3	43.5	9.88	1484	57.4
20	大豆粕	9.00	88.2	7.94	9.2	28.3	6.40	4050	261.0
64	動物性油脂	0.78	99.0	0.77	0.9	7.4	1.67	0	0.0
83	第二リン酸カルシウム	0.55	96.0	0.53	0.6	0.0	0.00	0	0.0
85	炭酸カルシウム	0.87	99.6	0.87	1.0	0	0.00	0	0.0
86	食塩	0.21	98.5	0.21	0.2	0.0	0.00	0	0.0
122	プレミックス	0.36	98.0	0.35	0.4	0	0.00	0	0.0
67	塩酸リジン	0.22	98.5	0.22	0.3	0.902	0.20	205	173.4
給与養分量		100.00		86.55	100.0	343.5	77.96	11363	676.8
成分含量(%DM)				86.5		396.9	90.1	13.1	0.78
充足率, %							104.7	87.9	120.3
CP (タンパク質含量) : 乾物で13.1%→原物中では11.7% 乾物100 : タンパク質13.1 = 原物86.5 : x → x=11.7									

この設計ではタンパク質含量（乾物で 13.1%、原物で 11.7%）をほぼ変えずに、リジンの充足率は 100%を超えました。飼料成分には変動があるので、リジンの充足率は 120%程度にするのが妥当です。この飼料であれば必須アミノ酸は充足しており、豚の成長や肉質に影響がないことは、これまで示してきた通りです。

## 2. 安全を考慮したアミノ酸バランス改善飼料の導入設計

最近では豚の育種も進み、肥育後期豚（体重 70kg～115kg）の 1 日あたりの増体量は 1 kg を超え、出荷日齢も 150 日を切ることがめずらしくありません。成長が早いことは、それだけ栄養素が必要になります。また、飼料中のタンパク質源にも様々な種類があります。肥育後期豚の場合には、大豆粕やナタネ粕などの植物原料をタンパク質源として配合するのが一般的ですが、肥育前期豚の飼料には、魚粉などの動物性飼料も使用されます。

これまで肥育豚飼料のタンパク質を低減し、不足するアミノ酸を添加して飼養成績を調べた 17 編の報告をまとめると、3%以上低減した場合に増体成績が低下

する場合があります。最近（2019年）では、全農飼料畜産中央研究所による肥育後期豚を対象にした研究で、不足するアミノ酸（リジン、メチオニン、トレオニン、バリン、トリプトファン）を添加した場合でも、肥育後期豚でタンパク質含量を減らすのは11.5%が限界であると報告しています。

飼料添加物として使用されるアミノ酸は、主にリジン、トレオニン、メチオニン・シスチン、トリプトファンです。こうした飼料用アミノ酸は海外で生産されているため、為替相場や原油価格に左右されます。リジンは世界的に使用量も多いことから、価格は安定しています（輸入価格1.40～1.35ドル/kg。味の素株式会社調べ）。

豚の育種改良が進んで成長が良くなっていること、飼料中のタンパク質源が一定でないこと、飼料用リジン塩酸塩の価格が安定していることを考慮すると、日本飼養標準に掲載しているタンパク質要求量から2ポイントの削減を限度にすることが望ましいと考えます。具体的には肥育前期豚ではタンパク質を13.5%（日本飼養標準は15.5%）、肥育後期豚では11.5%（日本飼養標準は13.5%）を限度にし、不足するリジンを添加することが、もっとも妥当だと考えられます。

実際に豚に給与する飼料の成分を分析することをお勧めします。依頼分析を受けてくれる代表的な機関には次のところがあります。これ以外に、農場に出入りしている飼料メーカーに頼めば、分析をしてくれる場合もあります。

飼料成分分析が可能な機関	ホームページ URL
(一財) 日本食品分析センター	<a href="https://www.jfrl.or.jp/service/feed">https://www.jfrl.or.jp/service/feed</a>
十勝農業協同組合連合会	<a href="https://www.nokyoren.or.jp/assay/assay-fertilizer/">https://www.nokyoren.or.jp/assay/assay-fertilizer/</a>
(一社) 日本科学飼料協会	<a href="http://www.kashikyo.or.jp/analysis.html">http://www.kashikyo.or.jp/analysis.html</a>
(株) 食環境衛生研究所	<a href="https://www.shokukanken.com/kensa/45">https://www.shokukanken.com/kensa/45</a>

2020年3月20日現在

### 3. アミノ酸バランス改善飼料の導入

協同組合日本飼料工業会に所属する国内の主要飼料メーカー、JA 全農系列のくみあい飼料株式会社、飼料添加物を製造・販売している会社のリストを載せました。

国内の主な飼料メーカー（養豚を中心に）	ホームページ URL
中部飼料株式会社	<a href="https://www.chubushiryu.co.jp/">https://www.chubushiryu.co.jp/</a>
日清丸紅飼料株式会社	<a href="https://www.mn-feed.com/">https://www.mn-feed.com/</a>
フィード・ワン株式会社	<a href="https://www.feed-one.co.jp/">https://www.feed-one.co.jp/</a>
清水港飼料株式会社	<a href="http://www.shimizuko-shiryu.jp/">http://www.shimizuko-shiryu.jp/</a>
日本農産工業株式会社	<a href="https://www.nosan.co.jp/">https://www.nosan.co.jp/</a>
豊橋飼料株式会社	<a href="http://toyohashi-shiryu.co.jp/">http://toyohashi-shiryu.co.jp/</a>
伊藤忠飼料株式会社	<a href="https://www.itochu-f.co.jp/">https://www.itochu-f.co.jp/</a>
昭和産業株式会社	<a href="https://www.showa-sangyo.co.jp/pro/feed/">https://www.showa-sangyo.co.jp/pro/feed/</a>
株式会社 J-オイルミルズ	<a href="http://www.j-oil.com/">http://www.j-oil.com/</a>
（参考）協同組合 日本飼料工業会	<a href="http://www.jafma.or.jp">http://www.jafma.or.jp</a>
JA全農系	ホームページ URL
JA全農北日本くみあい飼料株式会社	<a href="http://www.e-s-a.co.jp">http://www.e-s-a.co.jp</a>
JA東日本くみあい飼料株式会社	<a href="http://www.jahnk.jp">http://www.jahnk.jp</a>
JA西日本くみあい飼料株式会社	<a href="https://www.ja-nishikumi.co.jp">https://www.ja-nishikumi.co.jp</a>
ジェイエイ北九州くみあい飼料株式会社	<a href="http://www.jakks.jp">http://www.jakks.jp</a>
飼料添加物（アミノ酸等）	ホームページ URL
味の素ヘルシーサプライ株式会社	<a href="http://www.ahs.ajinomoto.com/">http://www.ahs.ajinomoto.com/</a>
住友化学株式会社	<a href="https://www.sumitomo-chem.co.jp/">https://www.sumitomo-chem.co.jp/</a>
あすかアニマルヘルス株式会社	<a href="http://www.aska-animal.co.jp">http://www.aska-animal.co.jp</a>
日本ニュートリション	<a href="https://www.jnc.co.jp">https://www.jnc.co.jp</a>
エボニックジャパン株式会社	<a href="https://corporate.evonik.jp/region/japan/">https://corporate.evonik.jp/region/japan/</a>

2020年3月20日現在

これらの飼料メーカーは、各地区に営業所があります。飼料原料や飼料添加物であるアミノ酸を単独購入したい場合には、それぞれの営業所にご相談ください。

#### 【企業養豚、エコフィード利用など飼料調製が可能な養豚農家の場合】

自家配合を実施している養豚農家であれば、既にトウモロコシや飼料用米、大豆粕、塩酸リジンなどの購入先を確保していると思います。多様な飼料原料を組み合わせながら、アミノ酸バランス改善飼料の設計が可能です。

企業養豚を筆頭に、独自の飼料配合工場やキッチンを持っている先進的な農家は独自ブランド豚をもっており、その飼料配合メニューを変えることには抵抗があると思います。その場合には、ブランド豚以外の配合メニューにアミノ酸バランス改善飼料を取り入れることが考えられます。

近年、SDGs（持続可能な開発目標）の観点から、環境に配慮した商品開発や販売が求められるようになってきました。畜産業においては、硝酸性窒素や温室効果ガス低減など、環境に配慮した畜産物（食肉）生産が必須になってくると思われます。これに対応する1つの技術として、アミノ酸バランス改善飼料導入を検討してください。

#### 【飼料調製が難しい個人養豚農家の場合】

各養豚農家に出入りしている上記の民間飼料メーカーやくみあい飼料の、営業担当と相談してみてください。複数の養豚農家が連携して同一の飼料を使うことが可能であれば、飼料の配合内容や割合を農家の希望によって指定し、それを独自商品として納品してもらう指定配合が可能です。

【くみあい飼料を使っている JA 系列の養豚農家の場合】

JA 全農系くみあい飼料を使用している養豚農家の方は、くみあい飼料の営業担当の方に問い合わせてください。JA 全農系列のくみあい飼料株式会社でも、一酸化二窒素（ $N_2O$ ）等、環境に配慮した飼料を取り扱っています。新規な飼料導入には躊躇があると思います。いきなり全ての豚に新規飼料を導入するのが難しい場合には、小規模での導入を試してみてもはいかがでしょうか。

## VI. 留意事項

アミノ酸バランス改善飼料の導入により、汚水浄化処理における窒素浄化処理の負荷軽減が図れることは実証試験によって確認されています。アミノ酸バランス飼料の導入により浄化処理全体の経費節減も期待できます。

しかし、水質基準である窒素以外の BOD（生物化学的酸素要求量）、COD（化学的酸素要求量）の有機性汚濁物質や pH などの水質浄化には効果がありません。別途、対策が必要です。

また、汚水処理は微生物の働きによっておこなわれます。暑熱や寒冷など、季節によって微生物の活性が変化するために、常に一定ではないことも留意してください。

## VII. 関係情報

### 水質汚濁防止法における硝酸性窒素等の規制について

混住化が進む国内で、污水浄化処理施設は養豚経営にとっては無くてはならない環境保全のための施設になっています。表 9-1 に示すように、平均的には、肥育豚 1 頭からは毎日 2.1kg のふんと 3.8kg の尿が排出されています。堆肥化などの処理を経て利用が進むふんとは対照的に、尿については公害防止の観点から 7 割を超える養豚経営では浄化処理施設が導入されています（2009 年：農林水産省「家畜排せつ物処理状況調査結果」）。たとえば、3000 頭の肥育豚の尿中には、78kg の窒素が含まれており、年間を通じて肥育豚と繁殖豚の飼養が行われる一貫経営では、約 30 トンの窒素を排出することになります。

**表 7-1 肥育豚と繁殖豚からのふん尿排せつ量と窒素排せつ量**

	排せつ物量【kg/頭/日】		窒素量【g-N/頭/日】	
	ふん	尿	ふん	尿
肥育豚	2.1	3.8	8.3	25.9
繁殖豚	3.3	7.0	11.0	40.0

日本国インベントリ報告書2018より抜粋

このことから、畜産農業、とりわけ養豚経営は国内有数の窒素排出源と認識されています。平成 11 年 11 月に「家畜排せつ物の管理の適正化および利用に関する法律」が施行され、平成 13 年 7 月には「水質汚濁防止法」において河川など公共水域への排水に対する規制項目に「硝酸性窒素等」が追加され、畜産農業についても対応を迫られています。硝酸性窒素等とは、下記に示す計算式に基づき算出されます。

アンモニア性窒素×0.4 + 亜硝酸性窒素 + 硝酸性窒素 = 硝酸性窒素等  
(mg/L)

養豚経営のほとんどが規制対象となる硝酸性窒素等は、人の健康に係る被害を生ずるおそれのある物質（有害物質）のひとつで、令和元年 7 月 1 日に暫定基準が 500mg/ml に引き下げられ、規制が厳しくなりました（図 1-1 を参照）。

「畜産農業」においては、排水基準により規定される物質は大きく 2 つに分類されており、一つは水の汚染状態を示す項目（生活環境項目）です。生活環境項目では、pH（水素イオン濃度）、BOD（生物化学的酸素要求量）や窒素、りんなどの 15 項目の基準が設定されており、1 日の平均的な排水量が 50 立方メートル以上の特定事業場に基準が適用されています。

もう一つは「有害物質」であり、具体的には 27 項目の基準が設定されており、有害物質を排出するすべての特定事業場に基準が適用されています。養豚業においては 50 平方メートル以上の豚房（約 65 頭分と想定）が「特定施設」になるため、ほとんどの養豚経営は特定事業場となり、硝酸性窒素等の規制の対象となります。環境省は、この規制の運用にあたり、ふん尿の多くの部分を堆肥化／利用することのできる乳用牛や肉用牛の経営に比較して、排水処理に回るふん尿中の窒素成分が多いと推定される養豚経営の方が、排水中の硝酸性窒素等濃度が高くなりやすいことから、養豚経営からの排水実態の把握に努めています。その結果に基づき、硝酸性窒素等の一般排水基準（100mg/L）を適応するまでの暫定排水基準を設けて早期の対応を促しています。暫定排水規準の変遷は、規制への対応の歴史ともいえます。



## 飼料費低減効果について

養豚で使っている飼料原料は、トウモロコシや大豆粕など、輸入穀類が主になります。そのため、農家の購入価格は時期や量などの諸条件に加え、社会状況、たとえば海上輸送に必要な原油価格の変動、為替レートに大きく左右されます。そのため、市販の配合飼料価格は常に変動しています。

今回の試験で用いた肥育後期飼料を自家配合にて調製した場合、2020～22年の原料価格の平均値（輸入価格）では慣行飼料が43,404円/トン（43.4円/kg）、アミノ酸バランス改善飼料が41,331円（41.3円/kg）と試算され、価格差は約2.1円になりました。円安の進んだ2022年の飼料原料価格では慣行飼料が59,009円/トン（59.0円/kg）、アミノ酸バランス改善飼料が56,199円/トン（56.2円/kg）と試算され、価格差は2.8円と大きくなります。

日本養豚協会が2022年度に実施した養豚農業実態調査では、出荷頭数ベースでは、2万頭規模以上の経営体からの出荷が全体の62%と過半数を占め、次いで1万～1万9,999頭が16.6%、4,000～9,999頭が14.5%と続き、3階層の経営体で出荷頭数の93.1%を占めています。

上位62%（母豚1,000頭以上規模）の大規模養豚の場合、肥育後期に給与する飼料費が2.8円違うと、年間での差は大きくなります。肥育後期期間に豚（体重70kg～115kg）1頭が食べる飼料は約200kg。2.8円/kgの違いは、 $200\text{kg} \times 2.8\text{円} \times \text{頭数}$ になります。年間出荷頭数が2万頭であれば1,120万円。企業養豚クラスで5万頭であれば2,800万円の違いになります。

## 肥育豚の生産費からみる養豚農家の苦しい状況（令和5年度現在）

農林水産省が令和4年12月9日、「令和3年度肥育豚生産費」として公

表した肥育経営における肥育豚 1 頭当たり資本利子・地代全額算入生産費（全算入生産費）は、飼料費の増加などを背景に、3 万 7,907 円（前年度比 12.7%増）と大幅に増加しています。同じ公表資料に参考情報として示された、豚一頭あたりの販売価格は 3 万 7,658 円でした。この金額から 3 万 7,970 円を差し引くと、一頭あたり 312 円とわずかではありますが赤字になっています。

令和 5 年 12 月 8 日に公表された令和 4 年度においては、全算入生産費が 4 万 3,540 円、豚一頭あたりの販売価格は 4 万 202 円で、一頭あたりの利益は-3,338 円と、赤字幅が大きく拡大しています。このような状況では、養豚農家が新たに汚水処理設備等に投資する余裕はないと考えられます。

## 参考資料

1. アミノ酸バランス改善飼料の給与による豚舎汚水中の「硝酸性窒素等」の低減効果（農研機構普及成果情報、2017年2月）  
[https://www.naro.affrc.go.jp/project/results/4th\\_laboratory/nilgs/2016/16\\_018.html](https://www.naro.affrc.go.jp/project/results/4th_laboratory/nilgs/2016/16_018.html)
2. アミノ酸添加低タンパク質飼料を給与した肥育豚尿の汚水処理過程から発生する環境負荷ガスの排出量低減効果 日本畜産学会報 87巻4号、373-380、2016  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/chikusan/87/4/87\\_373/\\_article/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/chikusan/87/4/87_373/_article/-char/ja/) からダウンロード可能
3. 畜産農家のための汚水浄化処理施設窒素対応管理マニュアル（財 畜産環境整備機構）  
<http://www.chikusan-kankyo.jp/> からダウンロード可能
4. 日本飼養標準 豚（2013年版）（中央畜産会）
5. 百年続きますように ～アミノ酸バランス改善飼料の導入で、ずっと、カッコ良く 長田隆 Pig Journal 5月号 p60-63 2019年（アニマルメディア社）
6. 百年続きますように その2 ～硝酸性窒素等の規制強化、地球環境や悪臭にも賢く対応 Pig Journal 7月号 p53-57 2019年（アニマルメディア社）
7. アミノ酸バランス改善飼料のコスト低減メリットについて 荻野暁史、長田隆 Pig Journal 10月号 p29-31 2019年（アニマルメディア社）

## 担当窓口、連絡先

外部からの受付窓口：

農研機構 畜産研究部門 研究推進部 029-838-8618





「農研機構」は、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネーム（通称）です。