

神奈川県における養豚業の経営革新

「FB と BMW 技術を使用した連続式活性汚泥法畜舎排せつ物処理システム」の導入

ご提案書

2014 年 12 月 5 日

グリーンプルー株式会社
営業開発部

1. はじめに

神奈川県における豚の飼養戸数は、2014（平成 26）年 10 月 8 日現在で 57 戸、飼養頭数は 67,000 頭、1 戸当たりの飼養頭数は 1,175 頭である。神奈川県は飼養戸数では全国で 26 位、頭数では 29 位、1 戸当たりの順位は 33 位となっている（農林水産省の畜産統計）¹。飼養頭数から見た全盛期は 1980（昭和 55）年で、211,200 頭に達していた。その後は、都市化の進展や後継者問題などにより、現在は全盛期と比較すると 3 分の 1 に落ち込んでいる。一方、1 戸当たりの飼養頭数は逆に増加傾向にあり、飼養効率を上げるために事業の大規模化が図られてきたことがわかる。しかし 2011（平成 23）年以降は、コストカットの限界に達したのか、今日まで横這いで推移している。ちなみに県内の豚肉自給率はわずか 6～7%で、過去 10 年で半減している（平成 23 年神奈川県農業統計より）。ちなみに、日本全国における豚肉の自給率は約 50%²で、これに比べて神奈川県の自給率は極めて低く、殆ど県外産と海外産の肉で賄われている。

神奈川県の養豚経営を活性化させるためには、言うまでもなく生産コストの引き下げが大きなポイントである。そのためには、母豚の健康的かつ効率的な飼養管理の実現により、産子数の増加、子豚の生存率の向上、そして子豚の離乳頭数の増加、また事故率の低下などが重要である。子豚の誕生から肉豚として出荷するまでの生存率を高めることが、養豚経営における生産性向上の要諦であり、その手法を養豚経営者は期待しているものとする。これらの実現は、まさに養豚経営革命に相応しいエポックと言えよう。

2. 神奈川県における養豚経営の実態

2-1. 秋田県の養豚業者「ポークランド」との比較

表-1 に神奈川県下の養豚業者の平均値と、秋田県にある有限会社ポークランド（以下、「P 社」という）の経営実績数値の一部を比較した。飼養豚の種類が異なるので、両者の比較が適切かどうかは筆者には判断しかねるが、養豚経営の在り方に関してヒントになればと考え、あえてここに示した。

注目したい点は P 社の経営規模であり、1 年間における肉豚出荷頭数が 75,000 頭（*注）で、母豚は 3,000 頭、これらを社員 70 名で飼養（1 人当たり 1,071 頭）している点である。これに対して神奈川県では、母豚も含め 1 戸当たりの平均飼養頭数が 1,170 頭、従業員数は 4.3 人/戸となっており、1 人当たりの飼養頭数は 271 頭で P 社の 1/4 程度になる。

*注：P 社は 2014 年度段階で、150,000 頭の出荷を実現している³。

¹ <http://www.pref.kanagawa.jp/cnt/p5675.html>

² <http://mafurumi.sakura.ne.jp/foods/pork/ssr.html>

³ <http://www.ink.or.jp/~koyou/Kaiin/hp/momobuta/>

表-1 神奈川県下の養豚業者の平均値とポーランドとの比較

項目	神奈川県 1 戸当たり平均	単位	ポーランド	単位
1.従業員数(労働力)	4.3	名	70	名
2.1 人当たりの頭数	272	頭	1,071	頭
3.豚の種類	ランドレース/ヨークシャー		SPF 豚	
4.1 戸当たりの飼養頭数(年間)	1,170	頭	75,000	頭
5.雌(母)豚頭数 (同比率)	252.6 (0.216)	頭	3000 (0.04)	頭
6.1 腹当たりの生存子豚頭数	10.4	頭	13.0	
7.1 腹当たりの離乳子豚頭数	9.3	頭	11.7	頭
8.育成率	89.7	%		
9.分娩回数	2.2	回	3.0	回
10.1 母豚当り年間離乳頭数	20.5	頭		
11.1 母豚当りの平均産次	4~5	回	7~8	回
12.事故率(目標値<3.0%)	4.1	%		
13.出荷日数	160~170	日	170~175	日
14.1 母豚当りの生産コスト	593,540	円		
15.生産売上高	664,551	円		
16.当期利益	-19,283	円		
17.所得額(補填金、奨励金等)	41,886	円		
18.水処理技術	回分式活性汚泥法		同左変法(FB & BMW 技術の併用)	
19.豚の飲み水(BMW 技術)	?			
20.豚舎の清掃	消毒液+水		消毒液+水	
21.雌豚 1 頭当り衛生費	48,206	円	平均の養豚業者が利用する 1/100 程度	円
22.1 戸当り衛生費	12,143,998	円		
23.伝染病予防接種	実施		実施	

以下、P 社の養豚経営のあり方について、筆者なりに読み取った点が神奈川県でも役立つのではないかと考え、以下にいくつかの考察と養豚施設経営における提案を紹介する。

2-2. 神奈川県における豚 1 頭当たりの生産コストについて

図-1 に神奈川県における母豚 1 頭当たりの飼養コスト (593,540 円/頭) を示した (平成 24 年度データ⁴を利用)。豚飼養における最大のコストは「購入飼料費」で、335,741 円/頭 (57%) を要している。実際は、養豚業者によって飼料費比率にはバラツキがあり、低いところで 49%、高いところで 60%にもなる。例えば、県内のスーパーやレストランから未利用食材を効率的に収集し、供給できる業者はコスト低減が可能である。一方、輸入飼料に頼る業者は、相対的に飼料コスト比率が高いことが考えられる。

⁴ <http://kanagawa.lin.gr.jp/management/docs/bunseki24buta.pdf>

次いで高いコストは「人件費」で、107,527円/頭（18%）となっている。3番目は「衛生費」（各種伝染病の予防接種や豚舎清掃時の殺菌消毒など）が48,206円/頭（8%）で、ここまでの養豚経営における「コストの3要素」と説明されている。そして4番目が「水道光熱費」の28,319円/頭（5%）となっている。購入飼料費、人件費、衛生費、水道光熱費を合計すると519,793円/頭（87.6%）に達する。

以下に提案するコスト削減方法のうち、一つ目は「衛生費」、二つ目が「水道光熱費」に関するものである。

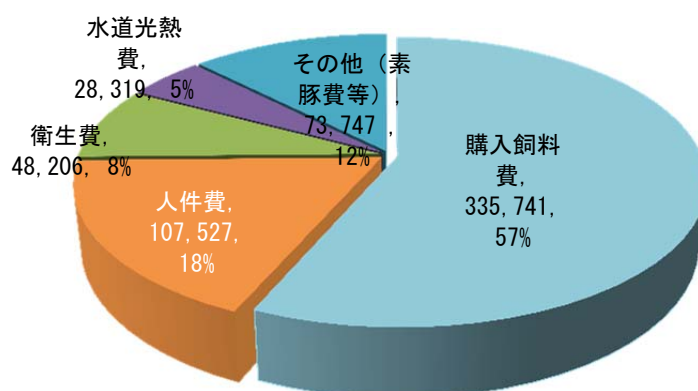


図-1 母豚1頭当たりの生産コスト/単位：円
(平成21~23年度の4事業者の平均値を使用)

2-3. 神奈川県養豚経営事業者の平均売上高の推定

神奈川県における養豚経営事業者の規模を見るために、平均売上高について試算した。養豚経営において売上高を決める大きな要素は、母豚の飼養頭数が基準となっている。基本的には、母豚が何頭の子豚を生むのか、子豚が肉豚として出荷できるまでの生存率が大きなポイントとなる。つまり母豚の効率的な「交配」から始まって、「分娩」「哺乳」「離乳」「飼養」というプロセスを経て、最終的には出荷豚の1頭当たりの体重や頭数が売上高を決定付けることになる。

表-2には売上高の試算のケースを3つ示した。ケース1では、母豚常時飼養頭数(A)に1母豚当たりの生産物売上高(F)を掛け、約1億6,800万円と試算した。ケース2では、母豚常時飼養頭数(A)に1母豚当たりの枝肉出荷量(C)と枝肉1kg当たりの単価(E)を掛けて算出したもので約1億6,200万円。ケース3では、母豚常時飼養頭数(A)に1母豚当たり肉豚出荷頭数(B)と1頭当たりの枝肉量(D)、そして枝肉1kg当たりの単価(E)を掛け合わせて算定した額で、約1億6,700万円となった。厳密には様々なコスト要素があり、ここで示した3ケースでは、考慮されているものとないものがあるために数字の幅があるものの、いずれもほぼ一致している。神奈川県養豚事業は、売上高の面では、平均で凡そ1億6,600万円の規模を持っているものと推定される。

表-2 神奈川県養豚経営における平均売上高試算

分類記号	売上算定項目	1戸当り平均値	単位
A	母豚常時飼養頭数	252.6	頭
B	1母豚当り肉出荷頭数	19.6	頭
C	1母豚当り枝肉出荷量	1422.1	kg
D	1肥育豚頭当り枝肉量	74.5	kg
E	枝肉 kg 当り単価	452	円
F	1母豚当り生産売上高	664,551	円
ケース1	A×F	167,865,583	円
ケース2	A×C×E	162,368,552	円
ケース3	A×B×D×E	166,718,627	円

3. 排せつ物処理と「衛生費」、「水道光熱費」の大幅削減について

筆者は、養豚経営の要諦は飼養における衛生管理が大きな鍵を握っていると見ており、実は、衛生管理は豚の排せつ物の適正処理に直結している。排せつ物処理と衛生管理とを結びつけた施設運営をすることで、「衛生費」と「水道光熱費」が大幅に削減できるのではないかと考えた。

養豚経営の課題として多くの関係者が受けとめている環境問題は、第1番目が「悪臭問題」、次いで「害虫の発生」、そして3番目が「水質汚染問題」である。神奈川県下の殆どの養豚経営者は、既にこれらの対策は取っているものとする。そこで、P社が進めている環境対策の取組みが、そのまま衛生管理の解決につながっている点に着目し、以下その方法について、筆者の理解している範囲で紹介ならびに提案するものである。

3-1 FBとBMW技術を使用した「連続式活性汚泥法畜舎排せつ物処理システム」

豚舎からの排せつ物処理手法には、連続式活性汚泥法が多く用いられている。新たな排せつ物処理システムは、基本的な工程に変更は生じないが、大きく2つの新たな技術導入が前提となる。

その一つが「BMW技術」⁵の導入である。BMW技術とは、ミネラルを含む水という系によりバクテリアを活性化し、最高の土壌である腐植を高速度に作り出す技術である。バクテリアから腐植を作り、腐植がミネラルと結びつき、水質改善をするものである。BMW技術で作られた水を「生物活性水」と呼んでいる。

もう一つが、ファインバブラー（以下、「FB」という）の導入である。FBとは、0.39～0.42μm（1μm=0.001mm）の微細な泡（ファインバブル）を発生させることが可能な、気液拡散装置（商品名：マイクロスター）である。

⁵ http://www.bm-sola.com/bm/archives/2005/09/post_14.html

以下、FB 技術と BMW 技術を導入した、新たな排せつ物処理施設のフローを、仮に「FB と BMW 技術を使用した連続式活性汚泥法畜舎排せつ物処理システム」と呼ぶ。以下、これらの技術から生み出されるメリットについて紹介する。

図-2 は、神奈川県畜産技術センターが推奨する「家畜糞尿処理施設」に、二つの技術を導入した場合の施設概要図である。これは従来の「連続式活性汚泥法畜舎排せつ物処理施設」に、バイオリアクター（図-2 の下の部分）を増設し、それぞれの施設に取り付ける散気管を FB に置き換えることである。

従来の活性汚泥処理法による水処理は、汚水槽（曝気槽）に活性汚泥菌を投入し、圧搾ポンプで水中に空気を送り込み、活性汚泥菌の働きを活性化させて汚水中の有機物を分解するもので、糞尿などの下水処理分野において最も普及している技術の一つである。

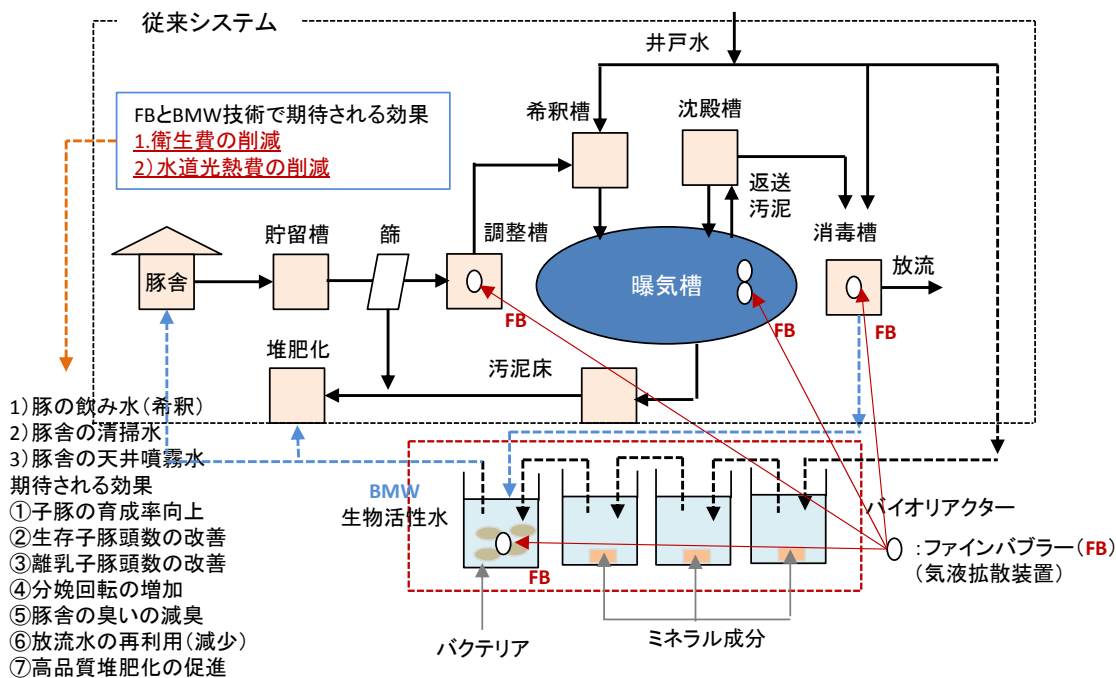


図-2 FB と BMW 技術を使用した連続式活性汚泥法畜舎排せつ物処理システム

一つ目の技術は、「調整槽」「曝気槽」「消毒槽」そして「バイオリアクター」（生物活性水製造プラント）に、FB（ファインバブラー）を設置することで、0.38～0.42 μm 径の泡を選択的に作り出す。そして二つ目は、「生物活性水」を作り出す「バイオリアクター」の新設である。

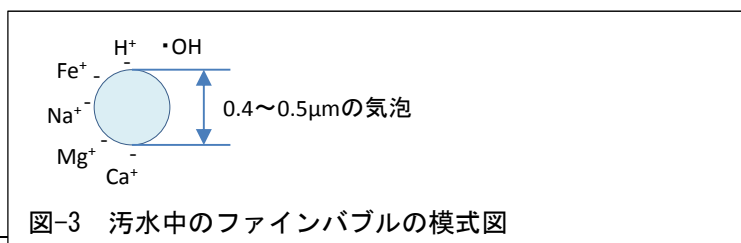
ここでは最初に、バイオリアクターについて言及する。図-2 に示す通り、バイオリアクターは4槽の水槽から構成されている。1槽～3槽までの水槽には、水槽底部の中央部に砕かれた御影石（ミネラル成分：Mineral）を敷き詰めた層があり。井戸から汲み上げられた水は1番目の水槽に入り、水を循環させてミネラル成分と

の接触を図り、同成分の溶解を促進させる。第1槽の水はオーバーフローさせ第2槽に、次いで第3槽に流れ込む。つまりミネラル成分の接触溶解を3ステップ繰り返すことで、水中に溶け込ませるミネラル分量を高める形となっている。3槽目を通った水は、4槽でバクテリアと接触させ生物活性水に変える（これをBMW技術と言っている）。この工程でFB技術⁶を使って、ファインバブル水の気液界面層浸透により生物活性水の効能を高める。第4槽では当該槽のバクテリアだけの接触溶解のみならず、活性汚泥処理法で処理された第3次処理水（FBを通した水）も合わせることで、生物活性水の一層の効能を高める。

FB+BMW技術で生成された生物活性水は、豚舎に返送し、希釈して親豚、子豚の飲み水として利用する。生物活性水を豚の飲み水に利用することで、子豚の生育促進が見られることが証明されている⁷。また、生物活性水には殺菌作用があることが知られている。処理水のバルク中に作られる気液界面には、マイナスに帯電した微細気泡（≒ファインバブル）の周辺に、 Mg^{+} 、 Ca^{+} 、 Na^{+} 、 Fe^{+} などの陽イオンが取巻いている（図-3参照）。ファインバブルは水中に長時間とどまることが可能になり、時間とともにファインバブルの圧壊が繰り返されるごとに $\cdot OH$ ラジカルなど活性度の高い化学成分も生成されることから、殺菌作用や臭い成分の分解などの効果を持つことが知られている⁵。したがって、豚舎の衛生管理用の清掃水に使用したり、また豚舎の天井から噴霧したりすることで豚舎内の悪臭を抑える効果も期待できる。以下、①～⑦に生物活性水の利用により期待される効果を示した。

・生物活性水の使用により期待される効果

- ① 子豚の育成率向上
- ② 生存子豚頭数の改善
- ③ 離乳子豚頭数の改善
- ④ 分娩回転数の増加
- ⑤ 豚舎の臭いの減臭
- ⑥ 放流水の再利用（減少）
- ⑦ 高品質堆肥化の促進



⁶ <http://mnbsc.jp/date/1326>：水に微細な気泡（マイクロ・ナノバブル：微小気泡の工学的応用～マイクロからナノへ、高橋正好参照）を含ませると、その水は表面の汚れを落とす洗浄力、あるいは皮膚の傷口の治りをよくする殺菌効果、また、汚水の浄化力や生物育成促進といった生理活性など様々な効果があることが説明されている。しかしながら、マイクロ・ナノバブルが起こすこうした様々な事象、現象に対して、これまで技術的あるいは科学的な検証がなされていなかったが、今日に至ってようやくその実態解明が進められようとしている。

⁷ http://www.momobuta.co.jp/05_bmw/bmw02.html

3-2 FB と BMW 技術を使用した「連続式活性汚泥法畜舎排せつ物処理システム」の水道光熱費の削減

ここではFB（ファインバブラー：気液攪拌装置）技術を、従来の「連続式活性汚泥法畜舎排せつ物処理システム」に導入した場合の、水道光熱費削減の試算を行った。導入するFBは、富喜製作所製、マイクロスター（商品名）である。導入する場所は、図-2の「調整槽」に1台（0.7kW）、次いで「曝気槽」に2台（0.7kW×2台）、そして3次処理工程である「消毒槽」に1台（0.7kW）、さらに「バイオリアクター」の「バクテリア混合槽」に1台（0.7kW）の合計5台である。

FBによる気液拡散混合装置の特徴は、前述した通り粒径が0.38～0.43μmの範囲の泡（ファインバブル）を最も多く作りだすことができる。仮に1時間FBを稼働させると、水1cc（=1cm³）中にファインバブルを2百万個（体積比で約12%に相当、ただし、1バブルを立方体とした計算）程度作り出すことが可能である。したがって、汚水中に高密度の酸素を送り込むことができることから、FB装置を止めても活発な活性汚泥バクテリアと、・OHラジカルなどにより有機物分解が促進される。従来の圧搾ポンプを使ったシステムでは、1年中ポンプを稼働させなければならなかったのに対して、FBを使った場合、少なくともモーターの稼働時間は1/3以下で汚水処理が可能である。食品工場における事例では、電気代を75%削減し1/4にできたとの報告がある⁸。加えて、汚水処理水は「生物活性水」に変わり、これをBMW（バイオリアクター）のバクテリア混合槽に、また、一部を曝気槽に返送し汚水処理の促進に、さらに処理水を堆肥に混入させることで高品質の堆肥製造にも役立てることが可能となる。また、水の使用量もFBとBMW技術を導入することで、従来の1/2程度に減らすことも可能であると考えられる。

表-3にFBとBMW技術を使った場合の、水道光熱費の削減額の試算を示した。試算の結果、従来施設では水道光熱費は、水道代が約674万円、電気料金が118万円、合計793万円となり、売上高の推定値1億6,600万円の4.8%に相当する（図-1では5.1%）。一方、FBとBMW技術を使うことで削減できると考えられる金額は414万円、削減率では52.2%となり、これらの結果から、FBならびにBMW技術導入は、養豚経営において、十分にプラスの効果を引き出す可能性を有している。

表-3 水道光熱費に関する削減額の試算⁹

1.水使用量の料金試算	試算	単位
a.肥育豚の頭数	918	頭

⁸ http://www.fuki-ss.co.jp/Example/Ex_Purification_3.html

⁹ 神奈川県畜産技術センター家畜ふん尿処理施設 p.14

b.同上における排せつ物発生量	32,130	ℓ/日
(単位変更)	32.1	m ³ /日
c.汚水希釈水の総水使用量(原水の 7.2 倍希釈)	10,081	m ³ /年
d.放流時の水使用量(原水当り 3 倍を見込む)	4,907	m ³ /年
e.水の総使用量	14,988	m ³ /年
f.水道料金 (単価を 450 円/m ³ に想定)	6,744,600	円/年
2.電力使用量と料金試算(従来施設)		
g.振動ふるい装置	2,190	kWh/年
h.水中汚物ポンプ	6,570	kWh/年
i.ケスナーブラシ	19,272	kWh/年
j.スクリー型旋回エアレーター	19,272	kWh/年
k.従来施設の合計電力使用量	47,304	kWh/年
l.同上電気料金 (25 円/kWh)	1,182,600	
3.水道光熱費合計 (f + m)	7,927,200	
4.FB 導入による電力使用量と料金試算		
m.FB による電力使用量(0.7×5×365×24)	30,660	円/年
n.同上電気料金 (25 円/kWh と設定)	766,500	kWh/年
o.従来施設電気料金と FB 使用との差額 (n - l)	-416,100	円/年
5.FB+BMW を導入した場合の水使用量と料金試算		
p.生物活性水として 1/2 を再利用	7,494	m ³ /年
q.水の想定削減量(1/2)の料金	-3,372,300	円/年
r.FB と BMW の導入による水道光熱費の差額	-4,138,800	円/年
s.水道光熱費の削減率	-52.2	%

注：

4. FB と BMW 技術の導入による衛生費の削減と豚飼養の歩留まり向上

P 社では、日本の養豚場で使われている消毒剤や飼料中の抗生物質、さらに予防接種等にかけている平均衛生費を、1/100 にすることを実現している。神奈川県では表-1 に示した通り、1 母豚当りの豚舎衛生費が 48,206 円（総生産コストに占める割合は 7.7%、図-1 参照）で、これを母豚 252.6 頭分に換算すると約 1,218 万円（売上額を 16,600 万円とした場合、7.3%）となる。神奈川県の衛生費が P 社のように全国平均の 1/100 にならなくても、1/2 に改善された場合、年間衛生費は 1,218 万円÷2=609 万円となる。

次に、養豚排せつ物処理に FB 技術と BMW 技術を使って製造した生物活性水を利用することによって、豚舎の衛生管理に加えて、母豚や子豚の健康増進の効果が期待される。一つの効果事例として考えられることは、「1 母豚当り肉豚出荷頭数」の増加、つまり「育成率」の改善である。平成 24 年度の育成率の平均値は 89.7%で、この時の「1 腹当り生存子豚頭数」は 10.4、「1 腹当り離乳子豚

頭数」は 9.3 (=10.4×育成率 0.897) であった。仮に「1 腹当り生存子豚頭数」が 1%、そして育成率が 1%改善されたとすれば「1 腹当り離乳子豚頭数」は 9.6 (10.4×1.01×0.897×1.01) に改善される。豚への飲み水、豚舎の衛生管理、ひいては悪臭の改善をも期待できる FB+BMW 技術で作られた生物(理)活性水は、養豚経営の収益改善と環境保全対策に効果が期待できるコ・ベネフィットな技術である。この場合、「1 母豚当り肉豚出荷頭数」19.4 頭が 19.9 頭(1 腹当りの離乳子豚頭数 9.6×分娩回数 2.2×1 腹当りの離乳事故率 0.011×事故率の逆数 0.959)になり、0.5 頭増加する。これを全母豚頭数の割合ありを算出すると 115.4 頭(252.6×0.5)の増加となる。したがって、売上額は 389 万円(115.4 頭×74.6 kg/頭×452 円/kg)の増加が見込めることになる。衛生管理の徹底は明らかに生存率を高めることになり飼養の歩留まりを向上させることは間違いないところであろう。

この枝肉出荷額の増加分 389 万円と、前述の衛生費削減分 609 万円を合算すると 998 万円の増収が見込めることになる。BMW 技術と FB 技術の導入は、衛生費コストの削減とともに、飼養豚頭数の歩留まりを増やすことにもつながる。適切な環境保全活動の実施が、衛生費の削減と肥育豚の歩留まり増加につながるわけである。

5. おわりに

神奈川県内の平成 24 年調査における、養豚事業者 1 戸当たりの平均飼養頭数は 1,170 頭(母豚、雄豚、肥育豚を含む)と報告されている。そして、1 母豚当りの生産額から逆算すると、売上総額は約 1 億 6,600 万円(表-2)となる。このうち衛生費は 4 項および表-1 で示した通り、総額では 1,218 万円(1 母豚当りの豚舎衛生管理費が 48,206 円×母豚総頭数 252.6)となる。衛生管理を促進するために導入した FB と BMW 技術により、生産の増収分と衛生費減少分を加算すると 998 万円となり、これは衛生費の 82%削減に相当する。水道光熱費については、3-2 項で示した通り、現状施設では試算額は 793 万円となったが、FB 技術の導入により 414 万円(表-2)となり、削減率では 52.2%となった(表-2)。

要するに、FB と BMW 技術導入により、衛生管理の促進によって見込める 1 母豚当り肉豚出荷総数の増加分 389 万円(252.6 頭に換算した値)と衛生費の削減分 609 万円を合算した 998 万円、さらに水道光熱費の削減分 414 万円の合計額 1,412 万円を従来コストから減額できる可能性を示した。

課題は、バイオリアクターの建設コストと、FB 導入コストであるが、仮にバイオリアクターの建設費を 700 万円、FB(商品名:ミクロスター)の導入費を 900 万円(180 万円/台×5 台:評価試験含む)、合計 1,600 万円の投資が必要であると想

定した場合、2年間で投入コストの回収が可能と考えられる。したがって、3年目からは少なく見積もっても生産は8%強の増収が見込めることになる。

N食品工場のケースでは、FB（マイクロスター）の導入によって、工場排水処理における電気代を75%減らすことに成功している¹⁰。さらに、FBを最適に運転する条件が明らかにできれば、前述した以上に水道光熱費の削減が可能である。さらに、処理水の2次利用の道も開ける（生物活性水は堆肥製造においても発酵促進効果を有する。つまり高品質の堆肥製造の道も開ける。

BMW技術は、一般社団法人BMW技術協会が承認する技術であるが、FB技術は、図-3に示した通り、汚水中の微細な気泡（ファインバブル）がマイナスに帯電することから、気泡周辺に陽イオン成分が取り巻くことで、微細な気泡を水中で長時間滞留維持させることができる。微細な気泡が水圧で壊れる時、泡の破壊時のエネルギーが水分子を分解し、水素イオン（H⁺）と・OHラジカルを生成する。これらが含まれる水を「生物活性水」と呼び、3-1項で述べた効能を発揮する。FB技術とBMW技術を合わせることで、「生物活性水」（注：BM技術協会が承認しないとこの名称は使えないが、FB技術で造れる水を「生物活性水」と呼んでいる）の効能をさらに高めたものを活用し成功しているのが、秋田県にあるP社である。

¹⁰ http://www.fuki-ss.co.jp/Example/Ex_Purification_3.html