



「平成24 年度アジア水環境改善モデル事業」

マレーシア国における養豚場廃水の
ゼロエミッション化水処理システム

平成25年8月22日
株式会社アクア

2012/12/07 17:28

1.事業概要

(1) 目的

- クロレラ循環処理システム(MIYABI システム)による地域周辺の水環境に対する負荷の大幅削減

具体的には、200頭規模でMIYABIシステムの実証試験を評価するとともに、FS調査を実施し、事業化に向けた詳細な計画を策定する。

(2) 実施場所

- ペナン州源和農業畜産品有限公司が所有する養豚場

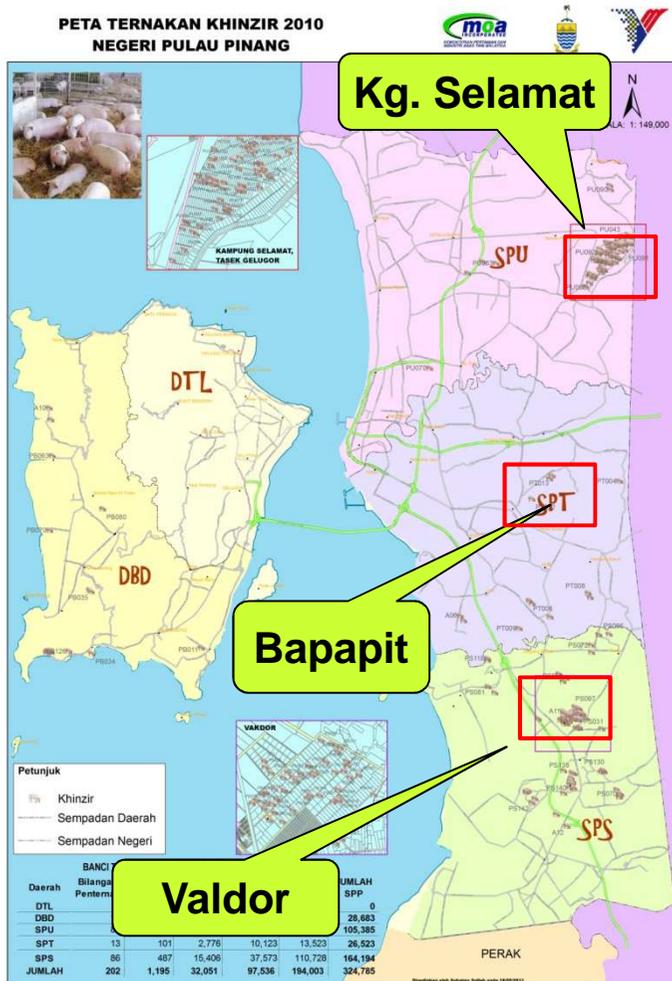


2. 事業実施地域



3.事業実施地域の状況

ペナン州養豚場集合地区の河川水質分析



ペナン州河川サンプリング地点
 Kg. Selamat 78農家
 Bapapit 3農家
 Vador 43農家

表 ペナン州河川水の水質調査 2012年 6月28日

地区名	Kg. Selamat		Barapit	Valdor	
	Lrg 4	Lrg 10		地区 1	地区 2
pH	7.6	7.3	6.9	7.4	7.0
BOD mg/l	47	58	35	140	2196
COD mg/l	149	108	129	319	4303
SS mg/l	38	76	122	134	1615
T-N mg/l	208.4	138.6	127.2	224.6	659.0
NH ₄ ⁺ -N mg/l	183.6	131.8	83.2	219.4	658.1
NO ₂ ⁻ -N mg/l	N.D (<0.6)	ND (<0.6)	N.D (<0.6)	N.D (<0.6)	N.D (<0.6)
NO ₃ ⁻ -N mg/l	N.D (<0.1)	ND (<0.6)	1.0	0.4	5.8
T-P mg/l	47.4	47.4	11.0	38.2	151.1

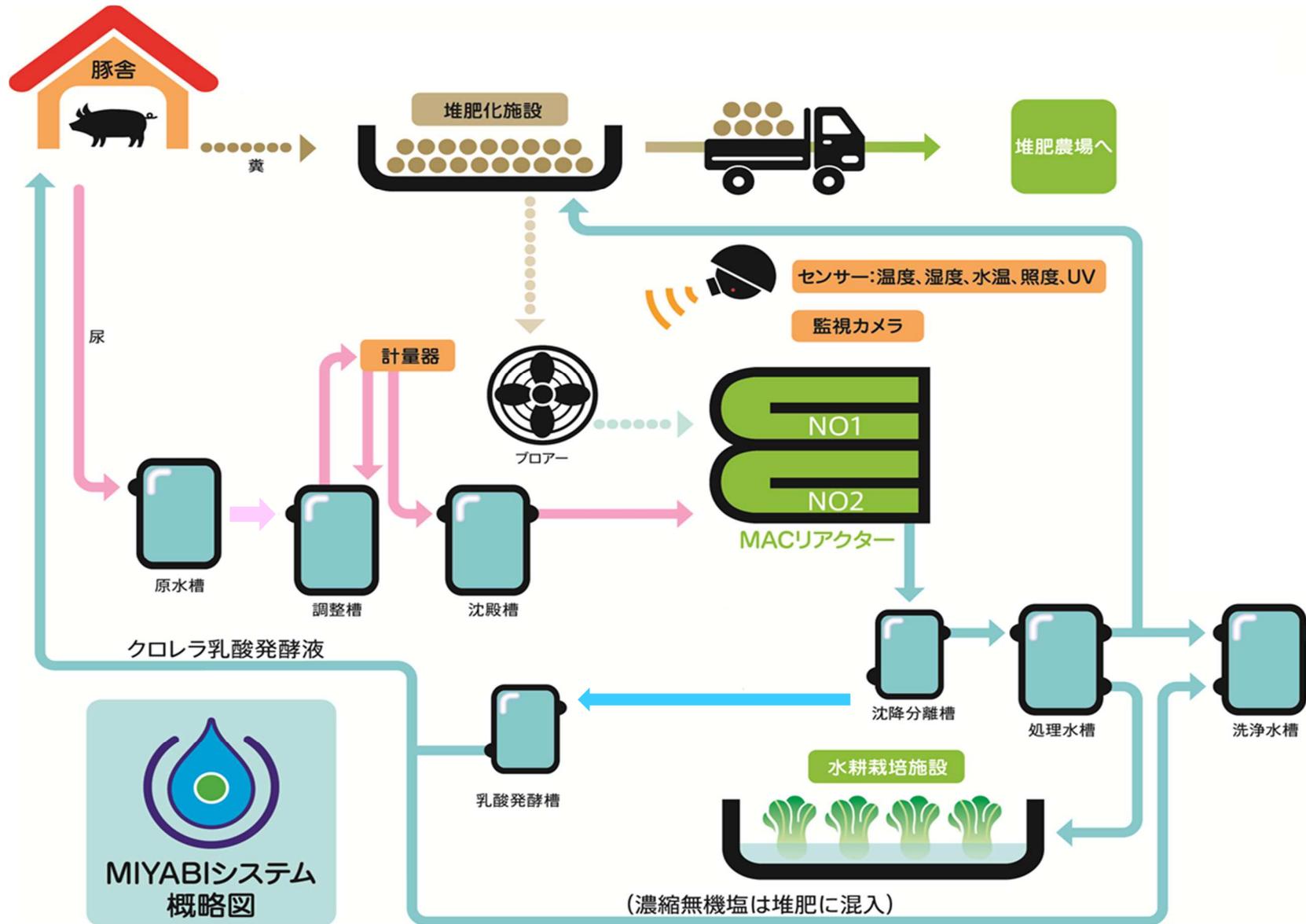


4.事業実施地域の課題

マレーシア政府 新条例案 2012年

表 環境水質条例（家畜業汚染管理） 案	
一	今後、ゼロディスチャージもしくはそれに近い農家にはライセンスを出すが、そうでなければライセンスは発行しない。
一	水質改善の達成目標を3ステージに従い、5年間とする。2017年までにすべての農家は達成基準を遵守しなければならない。水源に近い農場の水質基準はさらに厳しくなる。
一	養豚場経営者は基準にあった水処理方法をとらねばならない。ただし水処理の方法には制限はない。
一	放流水の希釈放流はこれを禁止する。
一	別経路での放流は禁止する。
一	養豚場経営者は廃水処理を厳格に管理すること。
一	汚水に漏水があった場合は6時間以内に環境局に報告し、原状復帰すること。

5. 導入する技術(MIYABIシステム)の概要



6. 水環境改善効果実証試験の実施内容

①飼育試験

スクレーパー豚舎における豚1頭当たりの必要な洗浄水量の把握

1. 洗浄水量
2. 糞・尿の排出量⇒スクレーパー 固液分離能把握
3. 尿の混入率(糞中への)糞の混入率(尿へ)
4. 豚の成育・・・体重、状態観察、
5. 豚舎環境(温度、湿度)
6. 養豚評価(増殖促進効果、肉質・内臓の状態)
7. 除糞操作(時刻、回数、豚房残存状況)

③人工湿地試験

豚1頭あたりに必要な湿地面積を試算するための基礎データを把握

1. 水質浄化能の把握
2. 植物増殖量測定
3. 根圏環境の測定・・・BOD, DO
4. 水収支(処理水、雨水、蒸発散)

②クロレラ水処理試験

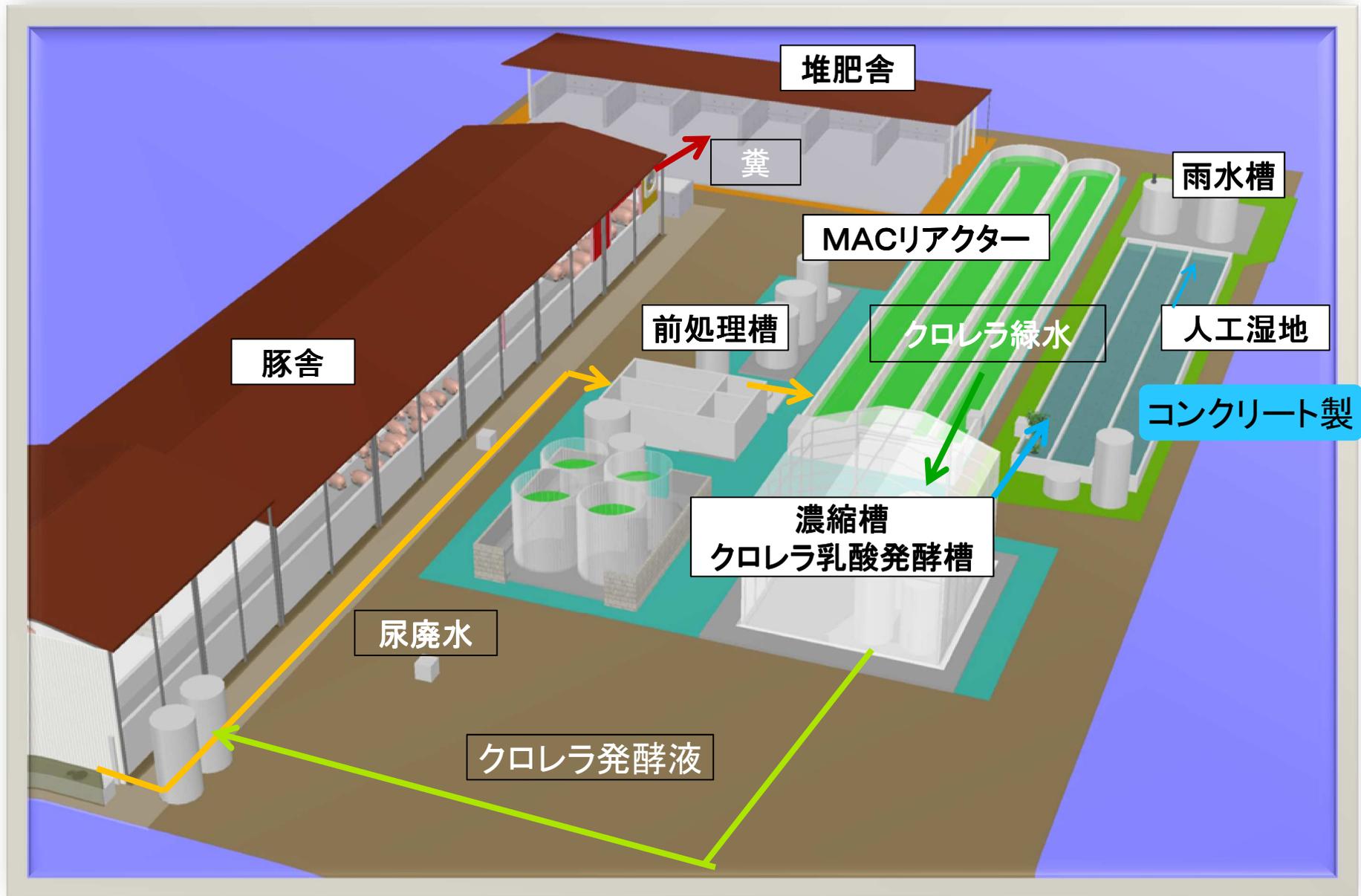
水質改善効果の把握

1. 前処理工程での固形物除去、汚泥発生率
2. クロレラの収量
3. 濃縮工程におけるクロレラ回収率
3. 水質改善効果(pH、BOD、T-N、T-P)
4. 水収支(流入水、蒸発量、雨水、流出水)

④物質収支の把握

1. 水収支(蒸発量、蒸散量)
2. 固形物収支(有機物減少)
3. 汚泥散布処理量
4. 堆肥成分

7. 200頭実証試験(1/12) 施設配置



7. 200頭実証試験(2/12) 豚の飼育条件

	試験区	対照区
搬入豚の頭数	80kg ⇒ 64 頭 50kg ⇒ 64 30kg ⇒ 64	80kg ⇒ 10 頭 50kg ⇒ 10 30kg ⇒ 10
給餌方法	3 × (8:00 am, 12:00 pm, 4:00 pm)	
クロレラ乳酸発酵液	3ℓ/頭/日	無
気温(°C)	26.8~35.7	26.3~36.7
湿度(%)	43~87	41~87
豚舎洗浄方法	スクレーパーで除糞した後少量の洗浄水で豚房と豚を洗浄	糞尿を大量の地下水で洗い流す
洗浄水量(ℓ/pigs)	7.1	50

7. 200頭実証試験(3/12) MACリアクターの運転条件

計画運転条件	
計画流入量	1.3 (m ³ /日)
BOD面積負荷	0.05(kg/m ² /日)
BOD容積負荷	0.3(kg/m ³ /日)
光照射面積	125(m ²)
光照射時間	8:00~18:00



	流入廃水	MAC1	MAC2
水温(°C)	30.0~32.5	33.1~39.0	33.1~39.0
pH	6.9~7.2	7.5~8.1	8.3~8.5
DO(ppm)	0.00	0.1~0.8	1.5~2.9
ORP(mV)	-393~-402	-25~21	41~154

7. 200頭実証試験(4/12) クロレラ発酵液の循環

クロレラ濃縮液



クロレラ乳酸発酵槽



豚への給餌

比率 1:9



濃縮液

上澄液

上澄液



沈降分離槽

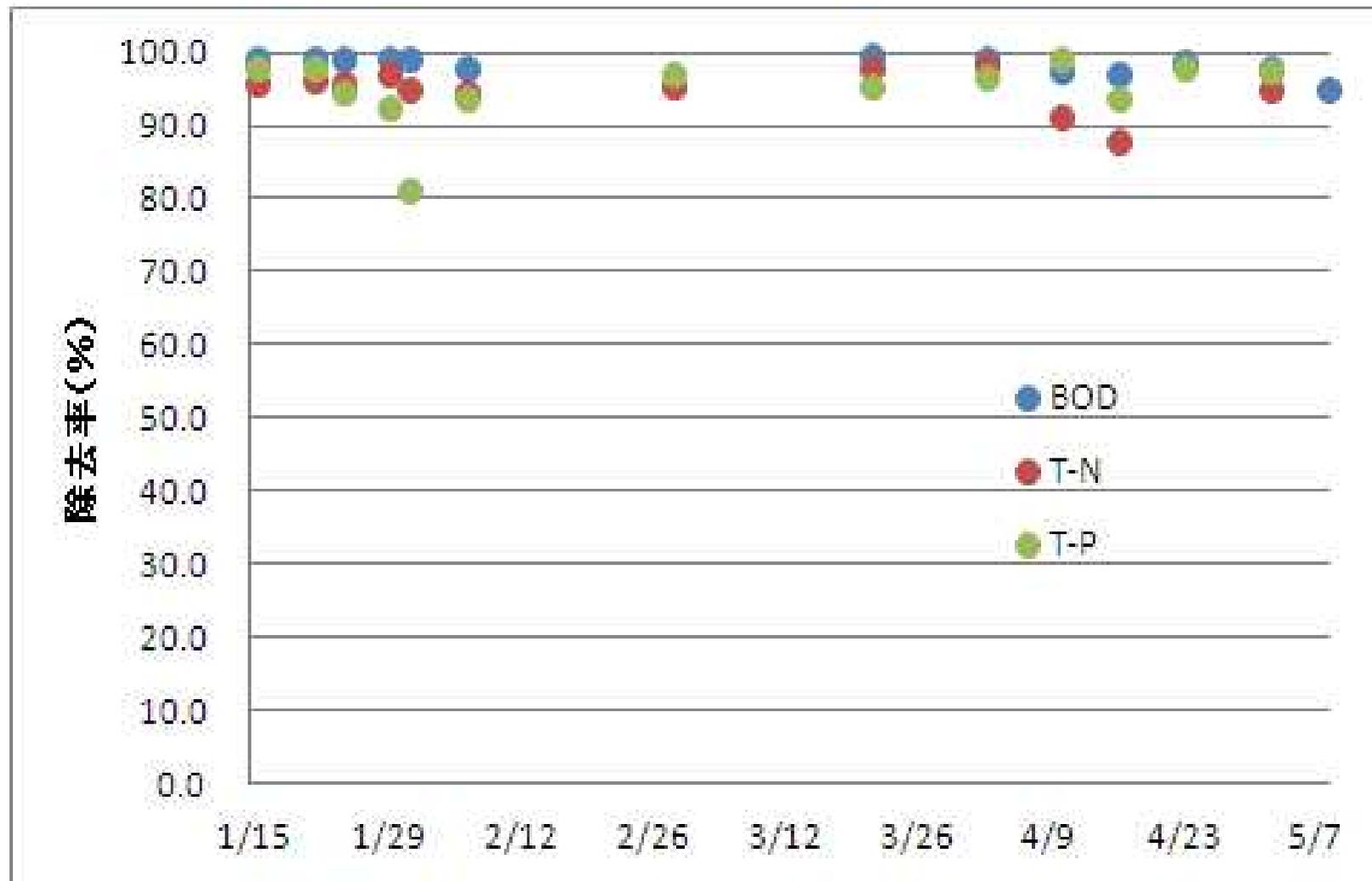


人工湿地

7. 200頭実証試験(5/12) 水質改善効果 (定常状態)

	豚舎廃水	MAC 流入水	MAC 処理水	人工湿地
透視度(cm)	0	0	2~25	35~50<
pH	6.7~7.6	7.5~7.9	6.7~7.8	6.4~7.1
SS(mg/ℓ)	4,400~20,580	470~890	6~145	3~14
BOD(mg/ℓ)	6,570~13,050	1,464~5,190	14~51	5~9
T-N(mg/ℓ)	1,237.8~3,059.3	937.8~1,639.7	22.6~126.2	3.2~10.5
NH ₄ ⁺ -N (mg/ℓ)	1,056.0~2,412.5	1,091.6~1,454.4	1.0~11.0	0.5~5.0
NO ₂ ⁻ -N (mg/ℓ)	4.0~21.0	2.0~18.0	0.0 ~11.0	2.0~4.0
NO ₃ ⁻ -N (mg/ℓ)	5.5~15.9	1.5~17.0	0.0~3.8	0.1 ~2.3
T-P(mg/ℓ)	132.7~415.8	51.4~107.4	0.6~6.3	1.3~7.8

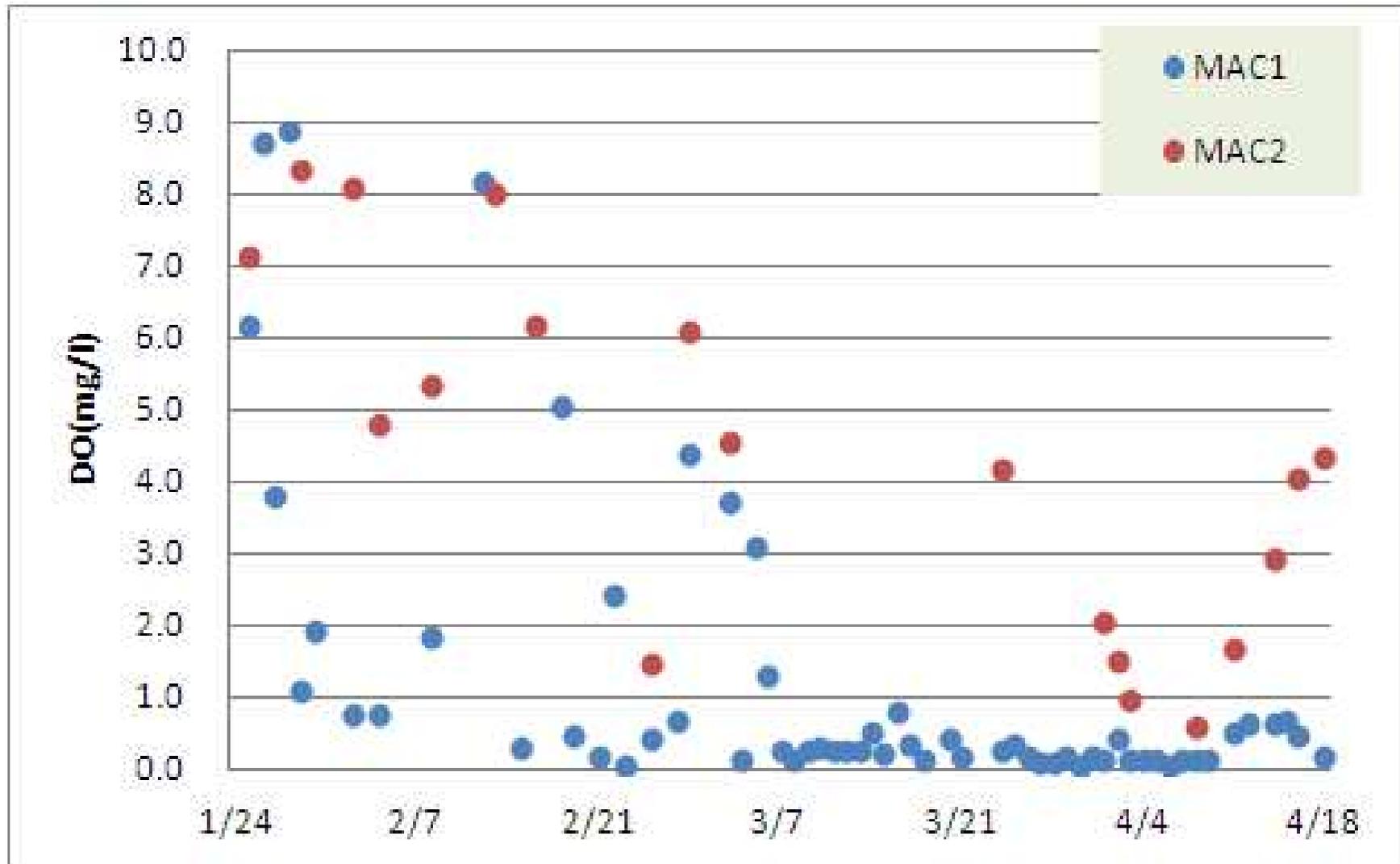
7. 200頭実証試験(6/12) BOD,T-N,T-P除去率



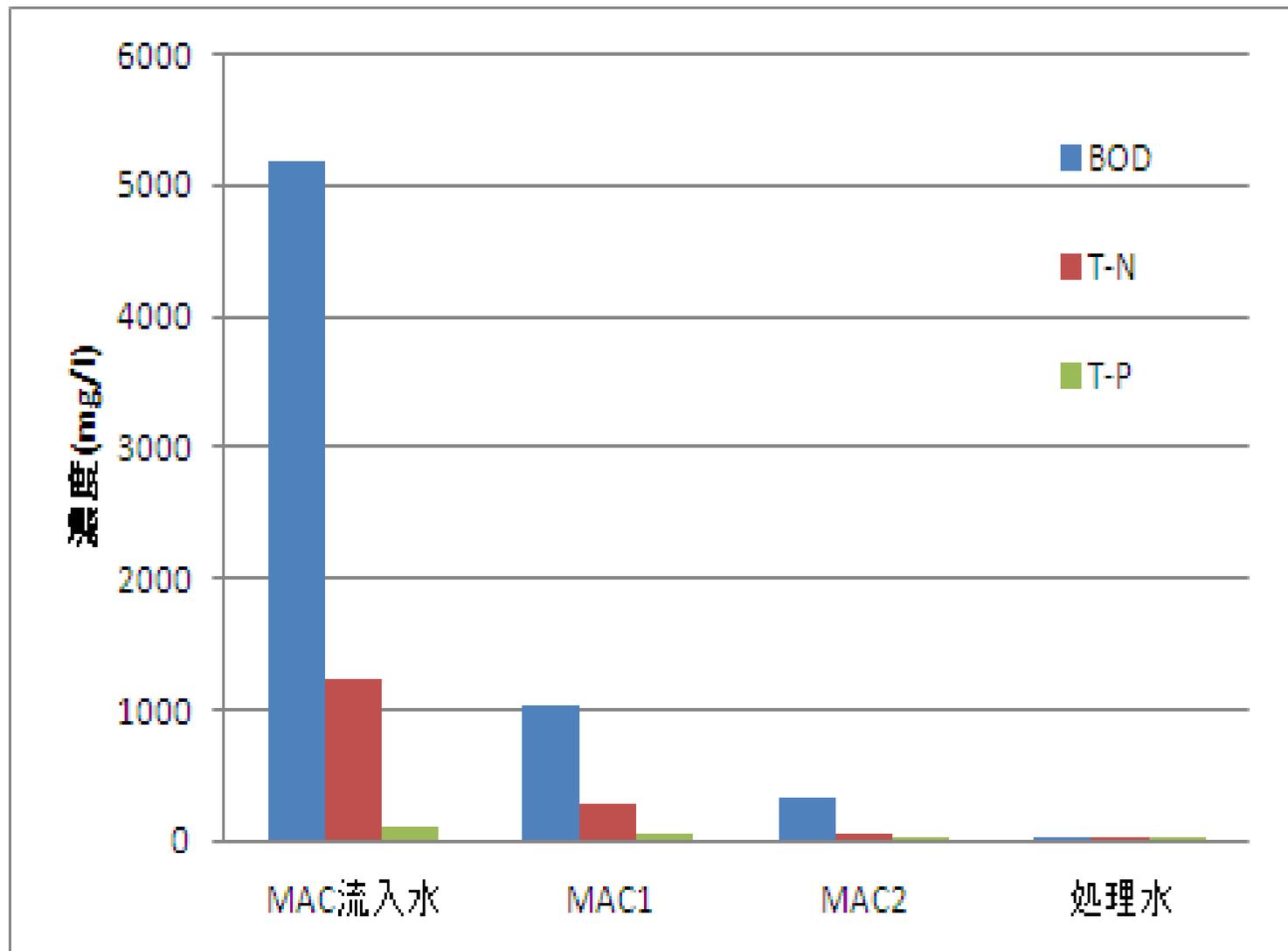
7. 200頭実証試験(7/12) MAC1:光合成細菌 MAC2:クロレラ



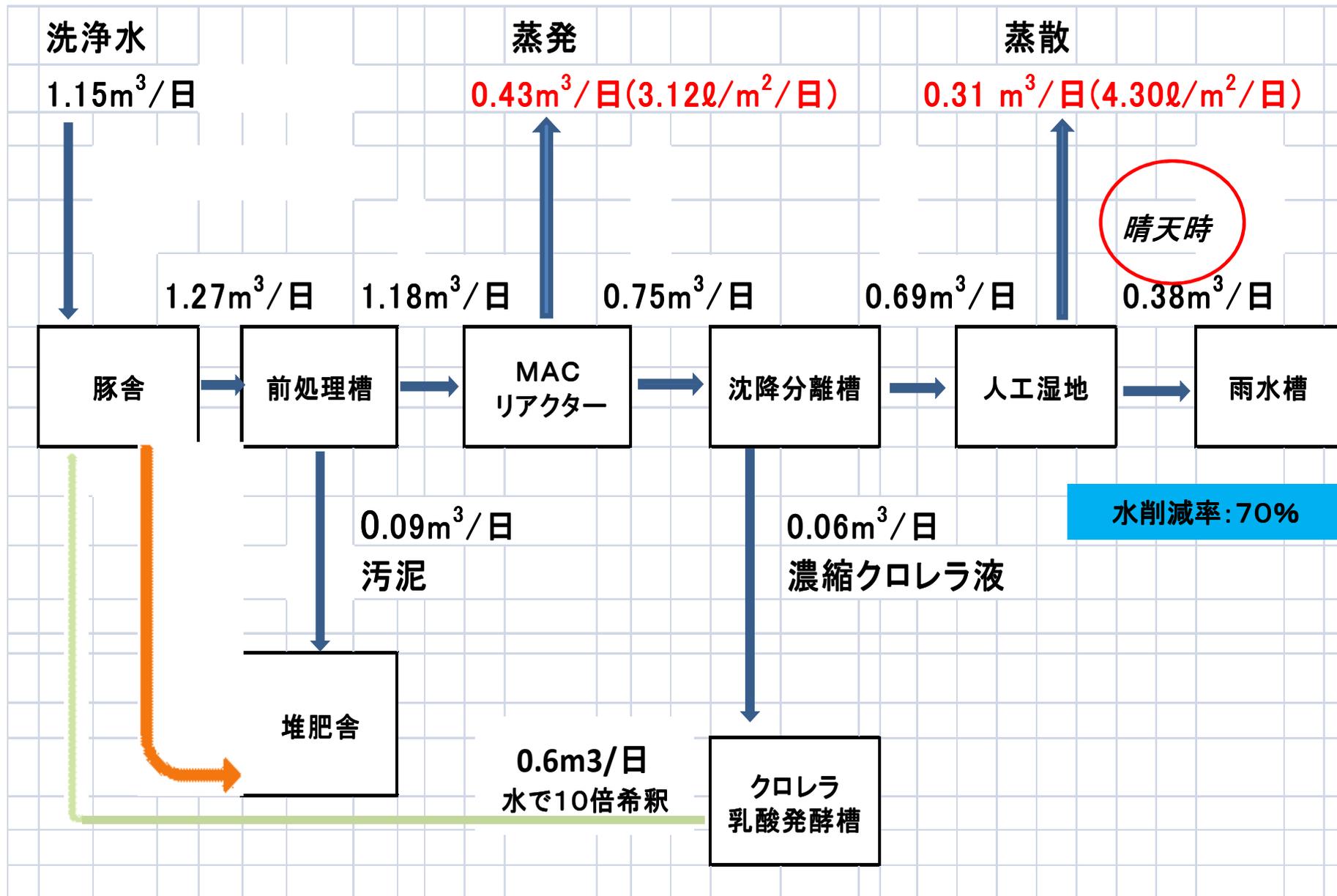
7. 200頭実証試験(8/12) リアクター内溶存酸素濃度の経時変化



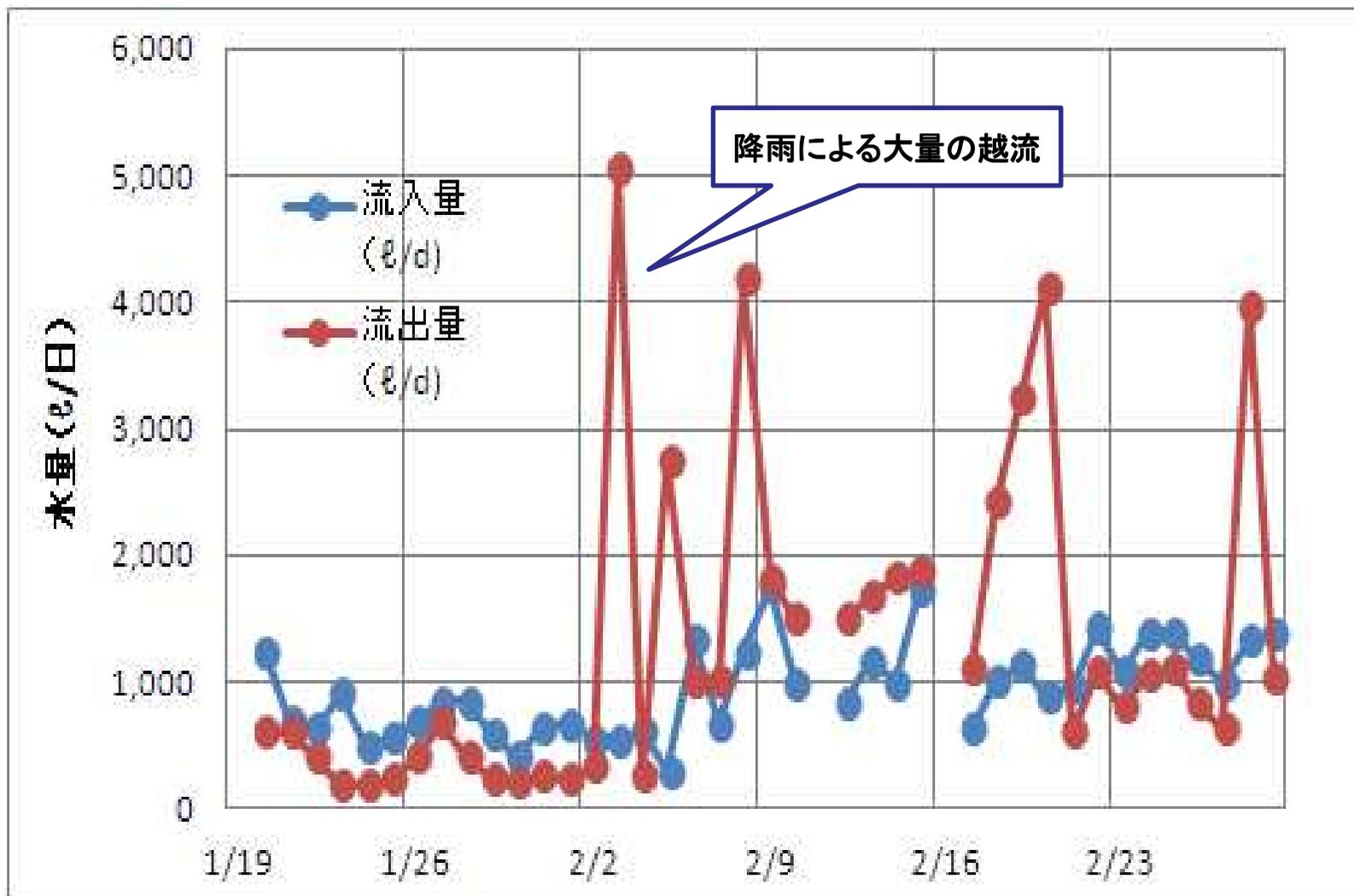
7. 200頭実証試験(9/12) MAC1、MAC2の処理効率



7. 200頭実証試験(10/12) 水収支



7. 200頭実証試験(11/12) 人工湿地への流入量と流出量



1. 豚一頭あたりの洗浄水必要量は7.1ℓ/頭(計画7.5ℓ/頭)であり、マレーシアにおける既存の洗浄水量50ℓ/頭を大幅に削減できることが示された。
2. MACリアクターの水環境改善効果はBOD,T-N,T-Pの除去率で示すとBOD容積負荷0.26kg/m³/日(BOD面積負荷 0.052kg/m²/日)でそれぞれ95.2~99.9%、79.3~98.6%および93.7~99.2%であった。
3. 人工湿地において、越流水の水質は透視度35~50以上、BOD 5~9mg/ℓ, T-N 3.2~10.5mg/ℓ, T-P 1.3~7.8mg/ℓと良好であった。
4. 人工湿地における植物(空芯菜)の蒸散量は4.30ℓ/m²/日であった。本実証試験の規模で地下浸透などを考慮しなければ、晴天時でゼロディスチャージを達成するために163m²の湿地面積が必要である。

8. FS調査(1/16)

(1) 前提条件

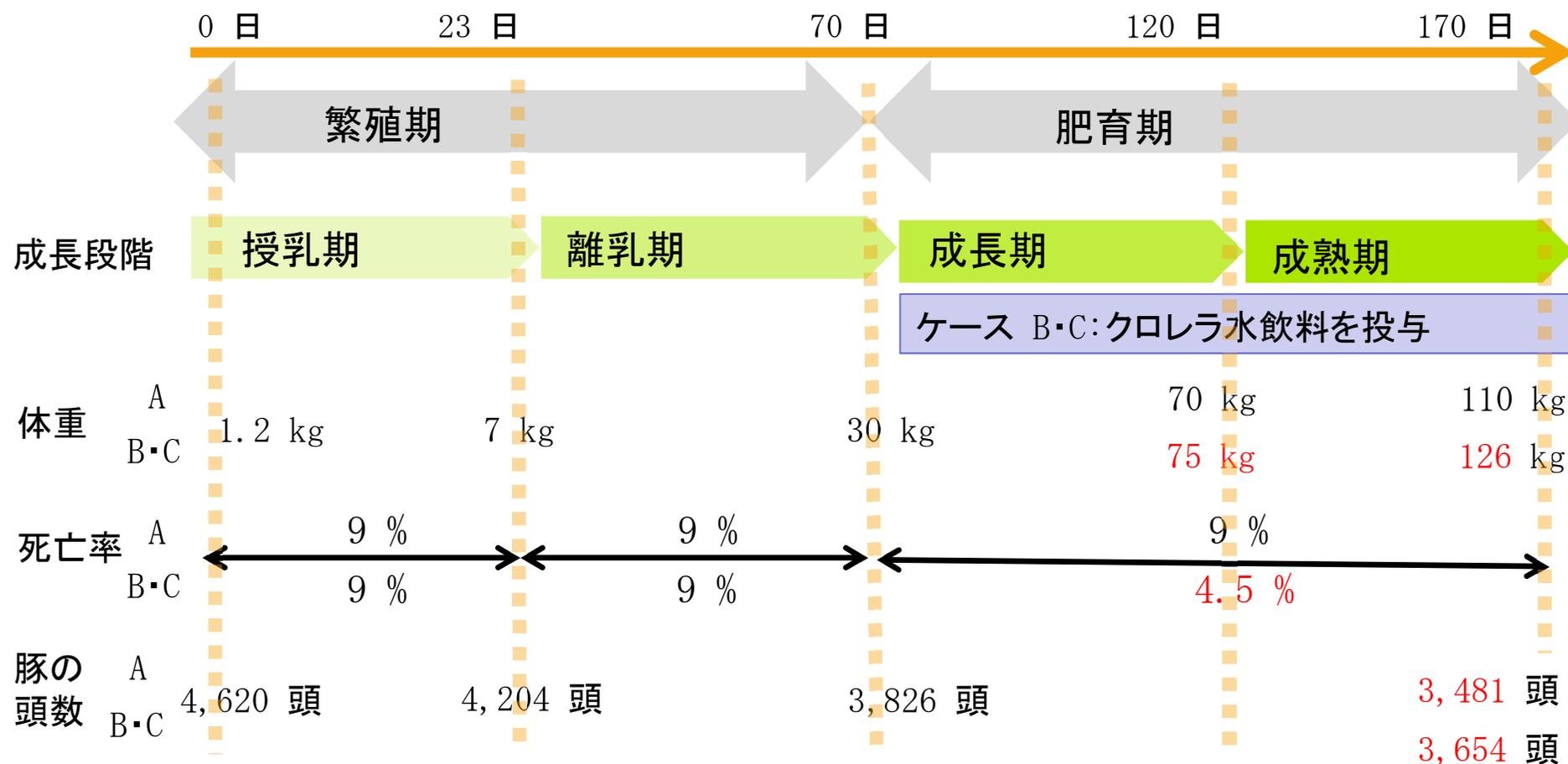
- ① 豚の頭数 :2,000 頭 (雌豚 200 頭および雄豚 4 頭を含む)
- ② 育成期間 :豚の出生から出荷まで 170 日
- ③ 比較ケース :
 - A:オープン豚舎 + ラグーンシステム (現存のシステム)
 - B:スクレーパー付設クローズド豚舎 + MIYABI システム
 - C:人力による糞回収豚舎 + MIYABI システム

ケース	豚糞の収集	洗浄水の使用	糞	尿	洗浄水
A	糞尿は一日に一度洗浄され、豚舎脇の側溝を通してラグーンへと排出。糞はラグーンから回収。	豚舎の床の洗浄および豚の体温冷却に使用。	2.1 kg/日/頭	3.6 ℓ/日/頭	50 ℓ/日/頭
B	糞および尿は豚舎で分離回収。糞は豚舎のスクレーパーによって一日に一度収集。	スクレーパーによる糞の収集後、床の格子を洗浄。	2.1 kg/日/頭	3.6 ℓ/日/頭	7.0 ℓ/日/頭
C	糞および尿は豚舎で分離回収。糞は豚舎内で人力で一日に一度収集。	人力による糞の収集後、床の格子を洗浄。	2.1 kg/日/頭	3.6 ℓ/日/頭	10 ℓ/日/頭

8. FS調査(2/16)

(1) 前提条件

- ④ 豚の生産方式： 出産から出荷までの**一貫生産システム**
- ⑤ 豚の出生率： **2.1** 回/年
- ⑥ 出産時の子豚数： **11** 頭/回
- ⑦ 豚の成長段階における死亡率： 以下の図を参照



8. FS調査(3/16)

(1) 前提条件(続き)

⑧ 給餌要求量

- クロレラ水を投与した場合、しなかった場合の豚の成長率を実証試験の結果から FCRを 求めることにより設定
- 飼料の種類及びその給餌量は日平均給餌量に基づき設定

期間	餌の種類	豚の体重	ケース A	ケース B & C
繁殖期	母乳のみ	1.2kg - 2.8kg	生まれてから 7日まで	
	母乳 + クリープ	3kg - 7kg	8日から 23日まで	
	クリープのみ	7kg - 12kg	24日から 32日まで	
	プレスターター	12kg - 26kg	33日から61日まで	
肥育期	スターター	26kg - 80kg	62日から 132 日まで	62日から 123 日まで
	フィニッシャー	80kg -	133 日から170日まで	124 日から170日まで

	ケース A			ケース B & C		
	日数	日平均給餌量	年間総給餌量	日数	日平均給餌量	年間総給餌量
クリープ	25	0.44	11	25	0.44	11
プレスターター	29	1.08	31	29	1.08	31
スターター	71	2.11	149	62	2.01	125
フィニッシャー	38	2.37	114	47	2.95	138

8. FS調査(4/16)

⑧給餌要求量(続き)

	飼料の種類	給餌期間	日平均給餌量	豚数	年間給餌総量
♂	繁殖雄豚用飼料	365 日	2.0 kg	4	2,920 kg
♀	妊娠豚用飼料	319 日	2.0 kg	200	127,600 kg
	授乳期間中の豚用飼料	46 日	5.0 kg	200	46,000 kg

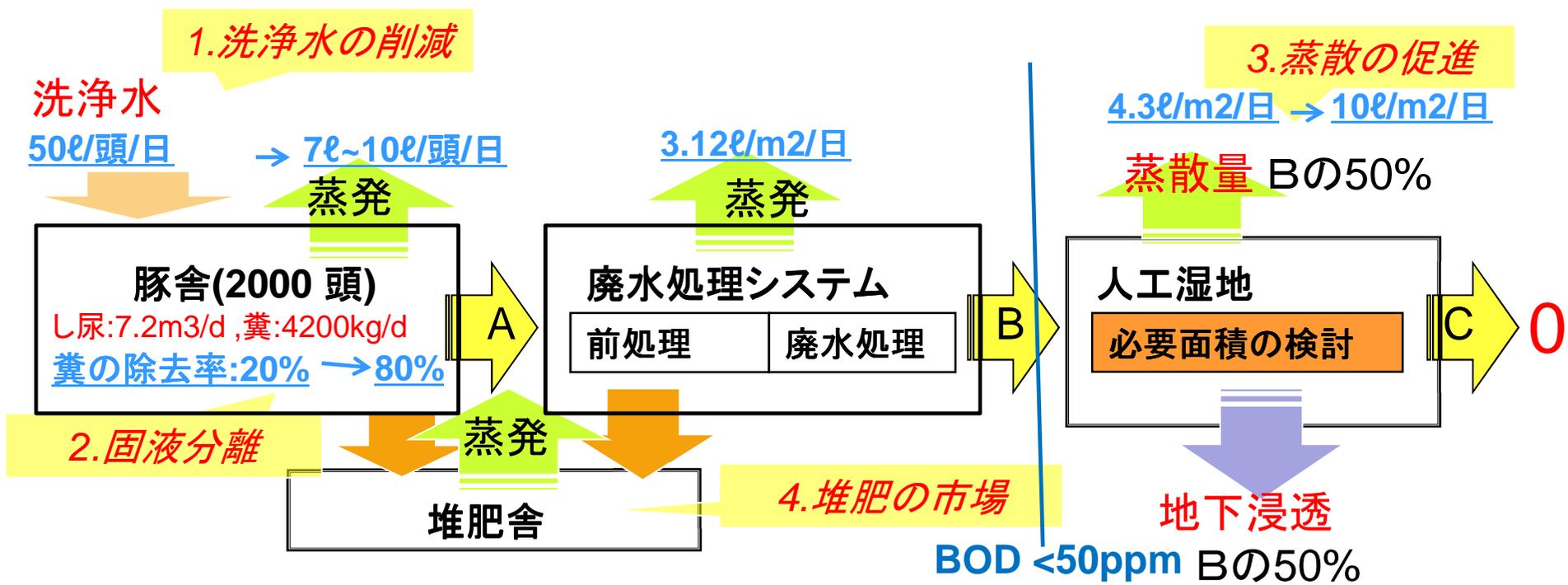
⑨水処理後のBOD, T-N, T-P 濃度

➤ 200頭での実証試験における実測データに基づき、下記のように設定

	ケース A	ケース B	ケース C	備考
BOD	0.283kg/m ³	0.085kg/m ³	0.049kg/m ³	
T-N	0.226kg/m ³	0.183kg/m ³	0.127kg/m ³	
T-P	0.106kg/m ³	0.032kg/m ³	0.022kg/m ³	

8. FS調査(5/16)

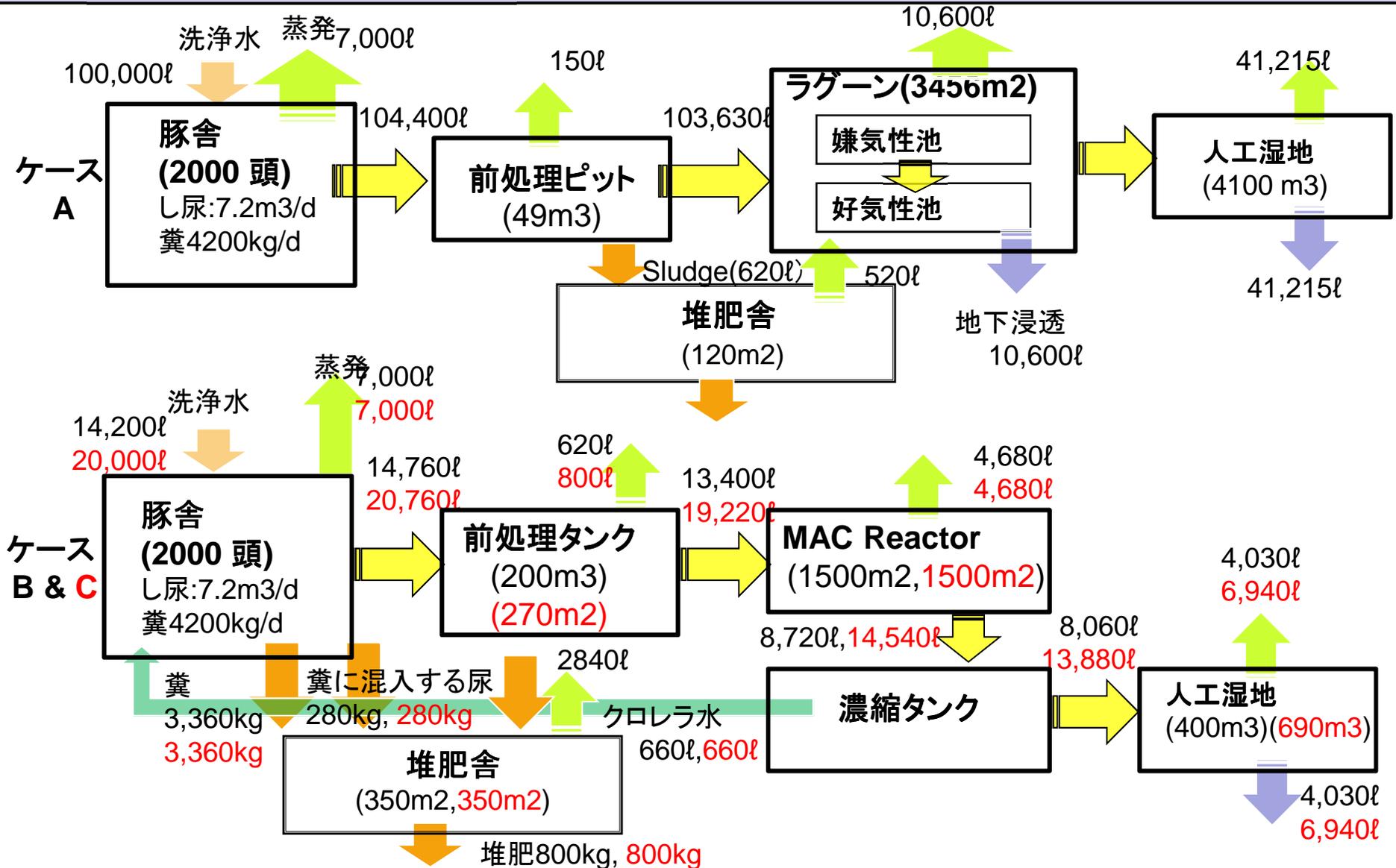
(2) 本FSにおけるゼロディスチャージの考え方



		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
降水量	月	61	97	129	222	227	172	184	255	358	375	216	103
	日	2.0	3.5	4.2	7.4	7.3	5.5	6.1	8.2	11.9	12.1	7.2	3.3
蒸発量 - 降水量		2.3	0.8	0.1	-3.1	-3.0	-1.2	-1.8	-3.9	-7.6	-7.8	-2.9	1.0

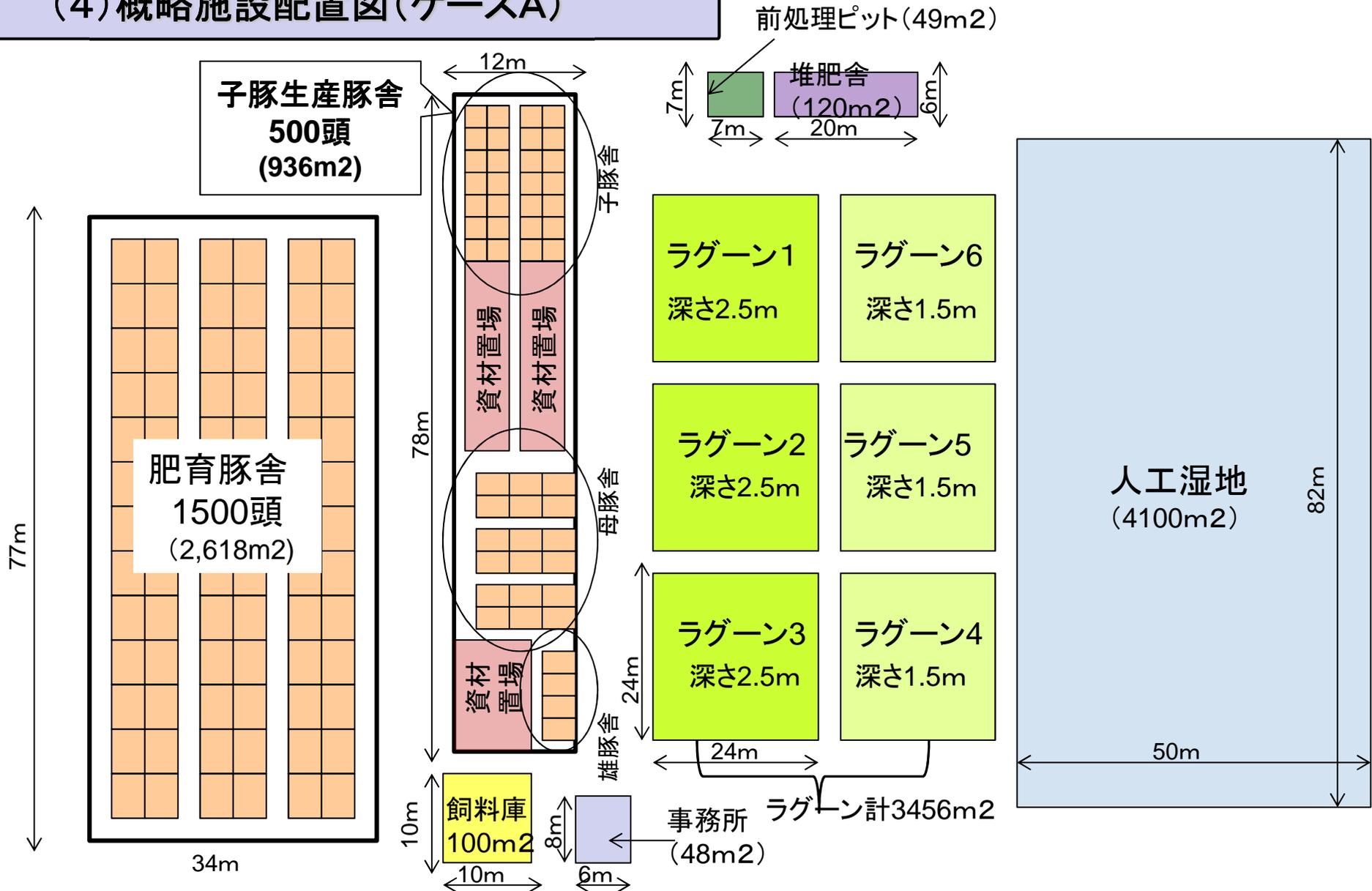
8. FS調査(6/16)

(3) 考え方に基づく水収支



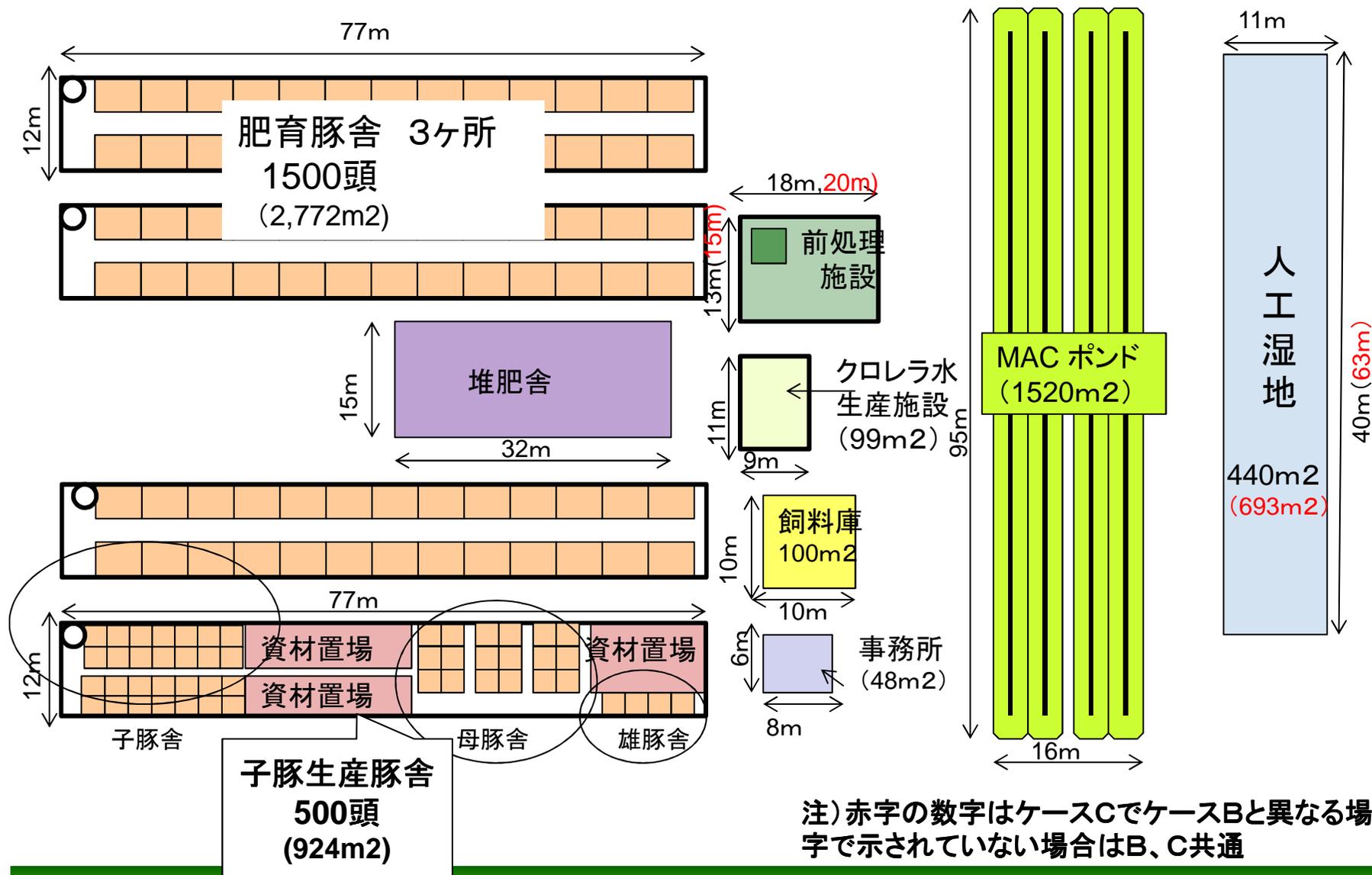
8. FS調査(7/16)

(4) 概略施設配置図(ケースA)



8. FS調査(8/16)

(4) 概略施設配置図(ケースB, C)



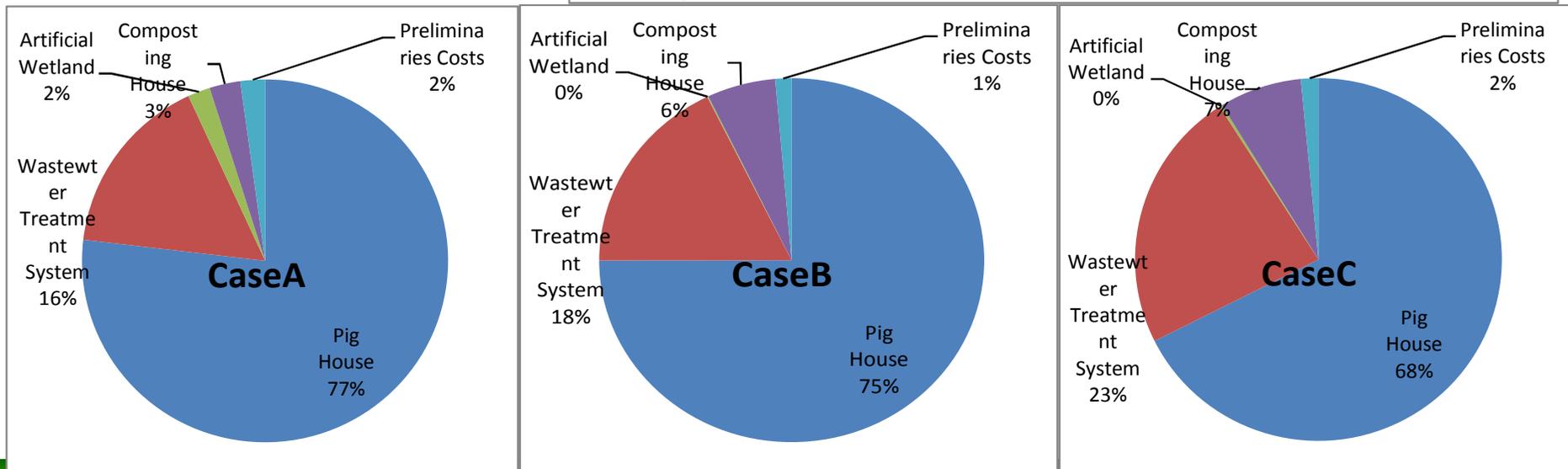
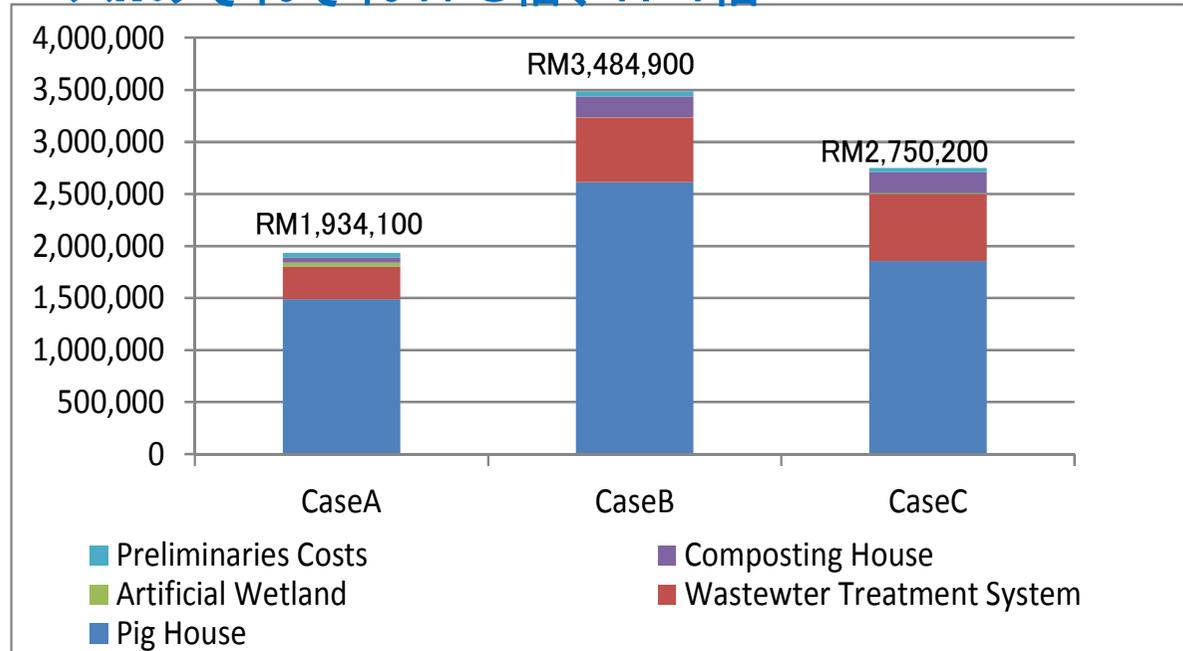
注) 赤字の数字はケースCでケースBと異なる場合。赤字で示されていない場合はB、C共通

8. FS調査(9/16) —(5)分析結果—

①建設費： ケースB、CはケースAのそれぞれ1.8倍、1.4倍

建設費の内訳をみると

- 豚舎建設が7割を占め、排水処理建設は全体の2割程度
- 堆肥舎の割合が3%から6%に増える一方、人工湿地は2%から無視できる割合へ

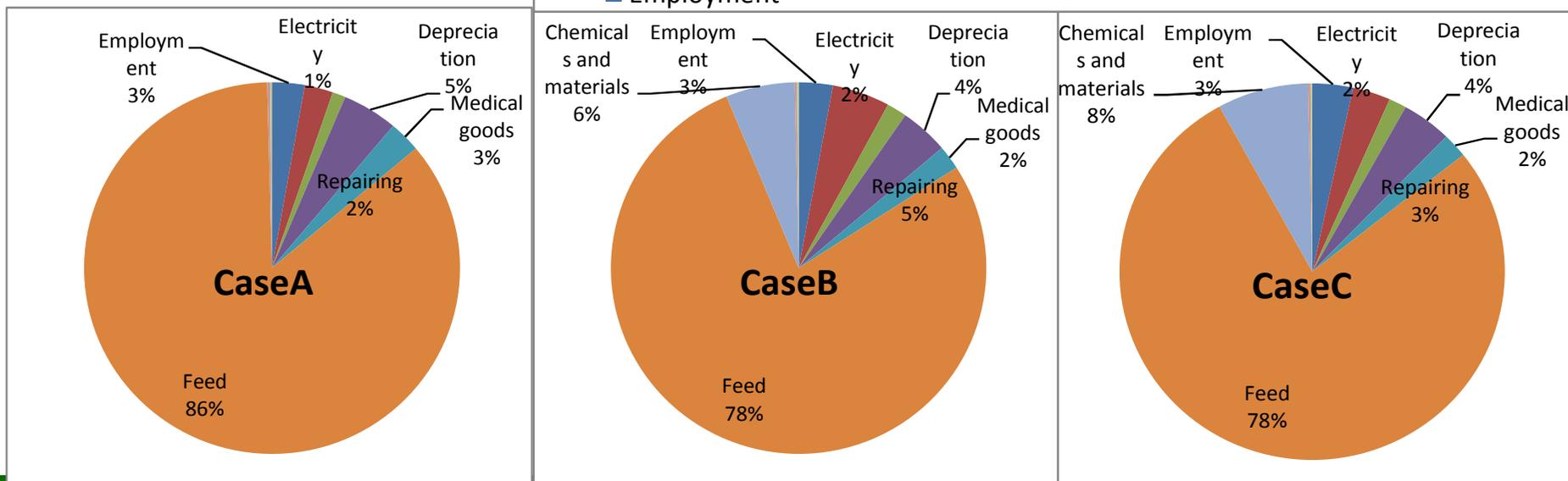
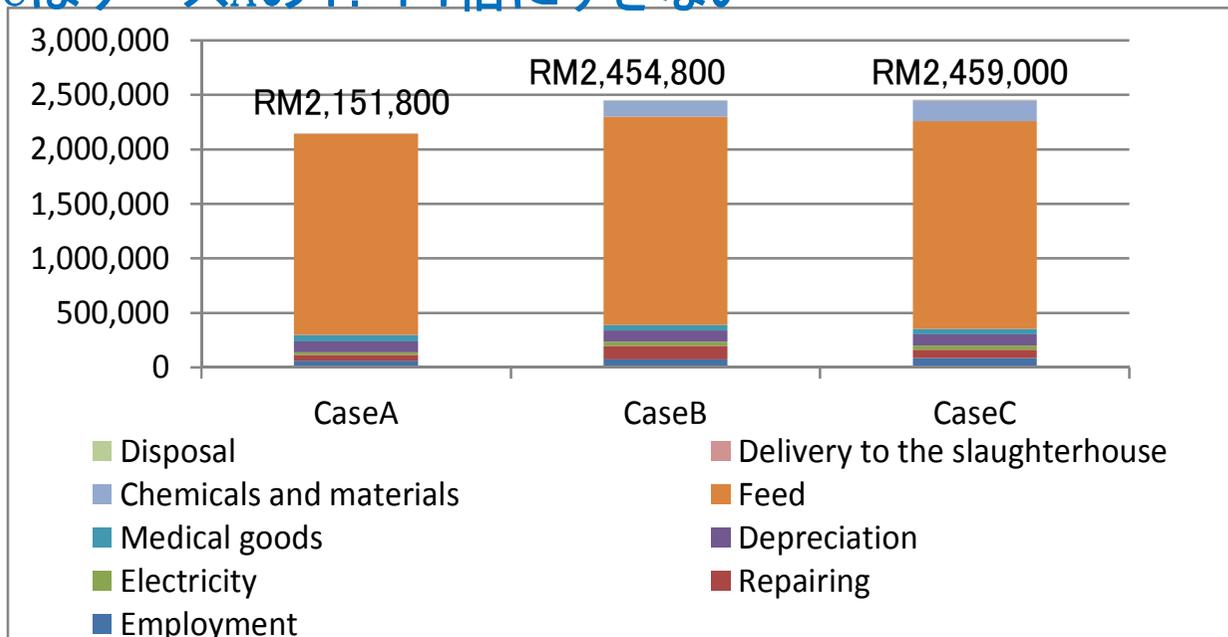


8. FS調査(10/16) —(5)分析結果—

②維持管理費：ケースB, CはケースAの1.14倍にすぎない

維持管理費の内訳をみると

- 餌代が8割を占める一方、人件費は2, 3%
- ケースB, Cでは化学品・資材費、電気代が増えるが全体の1割程度



8. FS調査(11/16) —(5)分析結果—

③土地使用面積

項目	ケース A	ケース B	ケース C	備考
1. 建築面積の合計(m ²)	14,360	8,184	8,521	施設配置図を参照
2. ケース A との比較	1	0.57	0.59	
3. 排水処理用地面積(m ²)	7,605	2,100	2,460	人工湿地を含む
4. 廃水処理用地の占める割合	53%	27%	29%	$4 = 3 \div 1 * 100$

④水使用量

項目	ケース A	ケース B	ケース C	備考
1. 洗浄水の使用量	36,500	5,100	7,300	A:50 ℓ/頭/日 x 2000 頭 x 365 日 / 1000 B:7.0 ℓ/頭/日 x 2000 頭 x 365 日 /1000 C:10 ℓ/頭/日 x 2000 頭 x 365 日 /1000
2. 冷却用水使用量	0	200	200	以下の設定に基づき試算: - ハニカム構造の面積合計 50 m ² - 1 時間当たりの蒸発の総量 - 稼働時間は6時間
3. ケース A との比較	1	0.15	0.21	3は各ケースの1+2で試算

8. FS調査(12/16) —(5)分析結果—

⑤BOD量

項目	ケース A	ケース B	ケース C	備考
1. BOD量	8,510	250	250	A:0.283 kg/m ³ x365 日x82.4 m ³ /日 B:0.085 kg/m ³ x365 日x8.06 m ³ /日 C:0.049 kg/m ³ x365 日x13.88 m ³ /日
2. ケース A との比較	1	0.03	0.03	

⑥T-N量

項目	ケース A	ケース B	ケース C	備考
1. T-N量	6,800	540	640	A:0.226 kg/m ³ x365 日x82.4 m ³ /日 B:0.183kg/m ³ x365 日x8.06 m ³ /日 C:0.127 kg/m ³ x13.88m ³ / 日x365日
2. ケース A との比較	1	0.08	0.09	

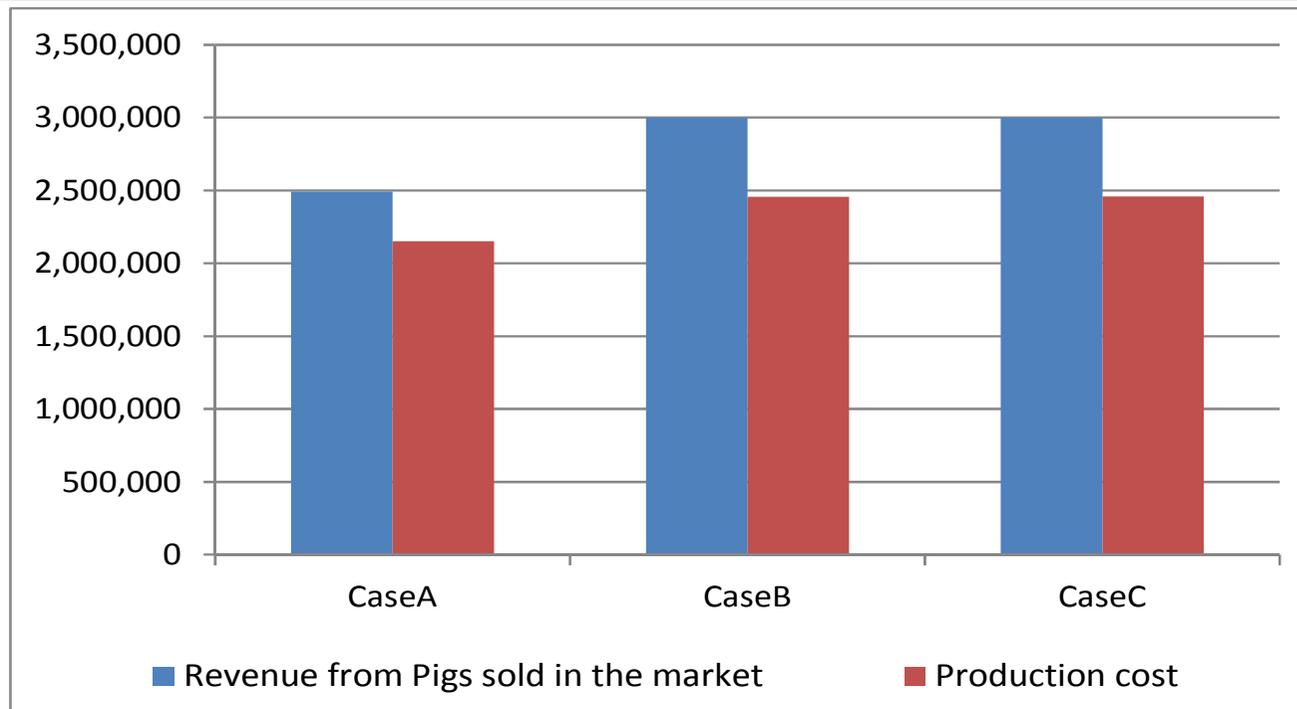
⑦T-P量

項目	ケース A	ケース B	ケース C	備考
1. T-P量	3,190	94	110	A:0.106 kg/m ³ x365 日 x82.4 m ³ /日 B:0.032 kg/m ³ x365 日 x8.06 m ³ /日 C:0.022 kg/m ³ x13.88m ³ / 日 x365日
2. ケース A との比較	1	0.03	0.03	

8. FS調査(13/16) —(5)分析結果—

⑧便益/費用: ケースB, Cの便益/費用はケースAを上回る

項目	ケース A	ケース B	ケース C	備考
豚の販売収入 (a)	2,489,900	2,999,800	2,999,800	
豚の生産費用 (b)	2,151,800	2,454,800	2,459,000	
収支 (c=a-b)	252,800	408,700	405,600	
収入/費用 (d=c/b)	0.12	0.17	0.16	



8. FS調査(14/16) —(5)分析結果—

⑨投資回収年

項目	ケース A	ケース B	ケース C	備考
システム全体の総投資額 (a)	1,934,100	3,484,900	2,750,200	
利益 (b)	252,800	408,700	405,600	
投資回収年 (c=a/b)	7.6	8.5	6.8	

⑩プロジェクトIRR(15年) IRR:内部収益率

項目	ケース A	ケース B	ケース C	備考
IRR(税引前)	19.3%	16.3%	23.1%	
IRR(税引後)	13.0%	10.4%	16.1%	法人税 25 %

8. FS調査(15/16) —(6)感度分析結果—

①人工湿地における地下浸透を認める/認めないによる投資回収年の変化

	地下浸透あり			地下浸透なし		
	ケース A	ケース B	ケース C	ケース A	ケース B	ケース C
1. 建設費	1,934,100	3,484,900	2,750,200	2,817,000	3,568,000	2,895,500
2. 維持管理費	2,151,800	2,454,800	2,459,000	2,151,800	2,454,800	2,459,000
3. 事業収益	2,488,915	2,999,751	2,999,751	2,488,915	2,999,751	2,999,751
4. 税	84,279	136,238	135,188	84,279	136,238	135,188
5. 税引後利益	252,836	408,713	405,563	252,836	408,713	405,563
6. 投資回収年(1÷5)	7.6	8.5	6.8	11.1	8.7	7.1

②飼料費及び豚販売費の変化による事業収益の変化(ケースCの場合)

	-20%	-10%	現状の価格	+10%	+20%	+30%
飼料費 現状	-59,200	180,600	405,600	630,500	855,500	1,080,500
+10%	-250,200	37,300	262,300	487,300	712,300	937,300
+20%	-441,200	-141,300	119,000	344,000	569,000	794,000
+30%	-632,300	-332,300	-32,300	200,700	425,700	650,700

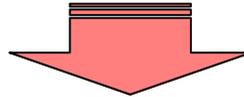
8. FS調査(16/16) —(7)まとめ

- ✓ 建設費はAに比べ、B, Cはそれぞれ1.8倍、1.4倍高くなるが、建設費全体の7割は豚舎。MIYABIシステムが占める割合は2割程度。
- ✓ 維持管理費はAに比べ1.14倍とほとんど変わらない。維持管理費のうち飼料代が8割程度を占める。
- ✓ 土地の使用面積は4割程度、水使用量は8割減らすことが可能。
- ✓ BOD、T-N、T-Pは9割以上削減できるため水質改善効果は大。
- ✓ B, Cは建設費は高くなるものの費用便益をみるとAより高い。投資回収年はCの方がAより早まり、Bともあまり変わらない。IRRでみてもC(16%)はA(13%)を上回り、Bでも10%が見込まれた。
- ✓ 感度分析した結果、人工湿地からの地下浸透を防ぐためにコンクリート化してもB、Cは規模が小さくてすむため投資回収年は変わらない。
- ✓ 事業収益には、豚の販売価格及び飼料代の影響が大きく豚の販売価格が2割下落したら赤字、飼料代が3割高くなると赤字。飼料価格が3割上がっても豚の販売価格が2割上昇すれば現状と変わらない。このことから豚の価値を高める戦略が重要。

9. 現地市場に関する課題と事業化への対応策

現地市場に関する課題

- ▶ 新たな放流基準が現行のラグーンシステムではクリアできない場合、長期的にはすべてMIYABIシステムに転換することが期待される
- ▶ 現行の罰金が安いと、負のインセンティブとしては罰金を払って現行システムを維持する農家が残されること
- ▶ 重要な正のインセンティブとしては、クロレラを利用して生育した豚肉に対する市場での評価を確立すること



事業化への対応策

- ▶ 規制の厳格化を目指し、州政府と連携する
- ▶ MIYABIシステム導入による費用便益を養豚農家に対し啓発すること
⇒ MACシステム普及研究会の立上げ
- ▶ クロレラ育成豚のブランド化(クロレラ豚) ⇒ ブランド豚販売の社会実験

10. 最終ワークショップ

日時: 2013年2月22日(金)
 9:00~16:00
場所: ペナン州政府
 コムタビル53階
 実証試験現場
参加者: 政府関係者16名
 大学: 1名
 養豚業者: 8名
 アクア: 8名
 EX都市研究所: 2名



玉福社で、看到各工作，包括清

2013年2月23日 星期六 A5

彭文宝宣布槟城新养猪技术成果将提呈报告予兽医局，冀望全马养猪业受惠。右起为若公崇敏、池田雅美、彭文宝、龙源武、池田拓也及铃木进一。

日助槟引进新技术奏效 槟盼全国养猪业仿效

(檳城 22 日讯) 日本环境部协助引进槟城的新养猪技术获得显著成效，除了大量减低用水量，也提高猪肉质量，槟州政府将提呈完整报告予兽医局，希望全国养猪业仿效，减低环境污染冲击。

槟州卫生、福利、爱心社会与环保委员会主席彭文宝召开记者会宣布，日本环境部两年前协助槟州养猪业引进新技术，获得显著的成果，除了减少 5 倍用水量，减少使用化学物品也提高猪肉质量，槟州政府将提呈完整报告予兽医局，让全国养猪业受惠，一起减低养猪业带给环境的污染。

博特拉大学热带农业研究院首席研究员龙源武博士表示，每日养一头猪需 40 公升水量，Aqua 的技术让每日只需 7 公升的水，而大马有 150 万头养猪，成果非常显著。他补充，一头母猪一年可以生产 30 猪仔，比起牛羊一年只是 4 只左右相比，养猪技术非常重要。是日，彭文宝在会上移交纪念品予出席的嘉宾。

日本环境部水环境分部部长若公崇敏指出，日本 1970 年代面对一项严重养猪业污染源的事件，致使该国致力研发新养猪技术，让其带来的污染降到最低。他说，槟城的“零排放”

计划通过 3 年余的时间研究，终获得良好的成果。

负责这项计划的 Aqua 大马零排放计划主席池田雅美指出，过去两年该公司试验 200 头猪获得这项成果，未来该公司将会继续研究，冀望继续降低养猪业对环境带来的污染。

日本都市研究所执行董事总经理铃木进一表示，随着 Aqua 新养猪技术降低水源污染，猪肉的品质也相对的提高，根据他们研究结果显示，猪肉的胆固醇也相对减低。

吴春桦“买不起白米论” 彭文宝下令官员调查

针对日前威省蕙联总会大拿家吴春桦不认同槟城零赤贫论，并指大山脚有 300 户家庭买不起白米一事，彭文宝表示已下令官员调查并呈交一份完整的报告。

他说，槟州政府已逐年提高赤贫线的标准，2009 年一个家庭收入少于 430 令吉还是赤贫线，到 2012 年槟州政府已提高至 770 令吉的标准，他希望吴春桦可以了解清楚赤贫家庭的标准。

他补充，针对 300 户人家买不起白米论，他已安排官员深入调查，若证实此事，州政府将会提供援助，他指出州政府已通过 2013 年槟州政府“AES”财政预算案协助赤贫人士。他欢迎其他民众若发现赤贫人士，欢迎通知福利局，州政府将会跟进并给予协助。

吴春桦较早前在了一项团拜活动上指 300 户家庭买不起白米论，并欢迎掌管福利部门行政官员彭文宝向他索取资料，而彭文宝周五针对此事回应。



ご静聴ありがとうございました