

(研究資料)

遺伝資源保存のためのトウキョウX受精卵の 効率的な採取方法の検討

鈴木亜由美^{1*}・椎名浩己²・平間俊吾³

¹東京都農林総合研究センター

²現 東京都農業振興事務所

³青梅畜産センター

摘 要

豚熱やアフリカ豚熱などの悪性伝染病が、国内または近隣諸国で発生している。これらがトウキョウX原々種豚を飼育している公益財団法人東京都農林水産振興財団青梅庁舎に侵入すれば、トウキョウX原々種豚はすべて処殺処分となり、トウキョウXの終焉に直結する。そこで、トウキョウXの受精卵を採取・保存して、万が一の備えとすることとした。しかし、ブタの受精卵は、供胚豚をと畜して子宮ごと採取する方法が一般的であり、1頭の供胚豚から1回の採卵しかできない。そこで効率よく受精卵を確保するために、採卵適期や発情同期化方法を検証した。また、開腹手術による採卵技術が確立されており、この技術を導入すれば更なる供胚豚の有効活用となるため、1頭の供胚豚で開腹採卵した後にと畜採卵を実施したところ、2頭の供胚豚で2回の採卵に成功した。

キーワード：トウキョウX，受精卵採取，開腹採卵

簡略表題 トウキョウXの効率的な受精卵採取

東京都農林総合研究センター研究報告 21 : 17-24, 2026

* 著者連絡先：鈴木亜由美 Email : a-suzuki@tdfaff.com

緒言

2018年、国内の一部地域の飼養豚等で26年ぶりに豚熱が発生し、野生イノシシの感染も近県で報告されている。また近隣諸国では、より感染力や致死率の高いアフリカ豚熱の発生が報告されている。公益財団法人東京都農林水産振興財団（以下、財団）青梅庁舎に所在する青梅畜産センターは、唯一トウキョウX原々種豚を維持・飼養しており、2021年には最大限の防疫対策を施した畜舎を新築し、衛生対策を強化している。しかし万が一、これらの悪性伝染病が侵入してしまうと、飼養しているブタはすべて殺処分となり、東京都で唯一のブランド豚であるトウキョウXの終焉に直結する。このようなリスクを回避するためには、原々種豚を一定頭数、青梅庁舎とは別の施設で維持管理することが最善であるが、現状では適切な飼養施設がないため不可能である。

これまで、財団青梅庁舎に所在する研究機関である畜産技術科では、トウキョウXの遺伝資源保存として原々種豚の凍結精液を作製・保存してきたが、メスの遺伝資源保存ができておらず、伝染病侵入時の対策として不完全であることが長年の懸案だった。過去にトウキョウXの体外生産胚を作出し、これを移植して子豚を得ることに成功しているが（鈴木ら、2025）、体外生産胚は大量に作出することが可能である一方、多精子受精などの異常胚も多く、加えて超低温下での保存が極めて難しいため、遺伝資源の保存方法として適切とは言えない。そこで、体内生産胚を採取し、遺伝資源として保存することとした。しかし、体内生産胚は交配した供胚豚をと畜して、子宮ごと採取する方法が一般的であるため、1頭の供胚豚から1回の採卵しかできず、多くの供胚豚を育成・飼養する必要がある。そこで、限られた供胚豚を効率よく活用し、より多くの受精卵を採取するため、異なる発情同期化方法や供試月齢の違いによる採卵成績の比較を行った。また、開腹手術による採卵技術が実用化されていることから（(社)畜産技術協会、1996）、同じ供胚豚から複数回の採卵が可能と考え、トウキョウXにおいてもこの技術を導入したところ、2頭の供胚豚で2回の採卵ができたので、供胚豚の効率的な活用方法として報告する。

材料および方法

1. 異なる発情同期化法および供試月齢による卵採成績の比較（試験1）

トウキョウXは約5.5～7カ月齢で春機発動（初回発情）がみられるが、肥育豚として最適な出荷体重である115～120kgに達する月齢もほぼ同じである。そこで、あらかじめメスの肥育個体に種雄豚を交配して食肉処理場へ出荷し、肉豚利用と同時に供胚豚としても活用できるか検討した。

春機発動前の6～6.5カ月齢時の供胚豚に、ウマ絨毛性性腺刺激ホルモン（セロトロピン[®]、あすかアニマルヘルス：以下eCG）1500IU、その72時間後にヒト絨毛性性腺刺激ホルモン（ゲストロン[®]、共立製薬：以下hCG）500IUを投与して発情を誘起した（Fujino et. al, 2006）。発情終了2日後に、プロスタグランジンF_{2α}類縁体（プラネート[®]、MDSアニマルヘルス：以下PG）2mLを1日2回（朝と夕方、PG2回区）、または発情終了12日後と13日後の各朝と夕方の4回投与して（PG4回区）発情を同期化した（内倉ら、2020）。また過剰排卵処置として、2回目のPG投与から24時間後にeCGを1,000IU、72時間後にhCGを1,500IU投与して、任意の種雄豚と自然交配した（図1）。一方で、発情が確認されている供胚豚については、発情終了後7～11日目に持続性エストロゲン製剤であるエストラジオールプロピオン酸エステル（オバホルモンデポー[®]、あすか製薬）を20mg投与して、卵巣中の黄体退行を抑制することにより、発情回帰を一定期間抑制した（偽妊娠法；野口、2012）。投与から20～35日以内にPG2mlを2回または4回投与し黄体を退行させることにより発情を誘起し、図1と同様にeCGおよびhCGを投与して自然交配または人工授精した。

次に、肉豚としては扱われないが、十分に性成熟していると考えられる9～10カ月齢以上の個体を供胚豚とした。偽妊娠法または発情終了後12日目にPGを投与して発情周期を調整したが（柴田ら、2006）、一部供試豚は春機発動が確認できなかったため、6カ月程度の供胚豚と同様の方法で発情を誘起した。また、採卵までに2回以上発情が確認された供胚豚は、供試前に人工授精し、妊娠確認後にPG2mlを2回投与して黄体を退行させ（流産法）、発情周期を調整した。

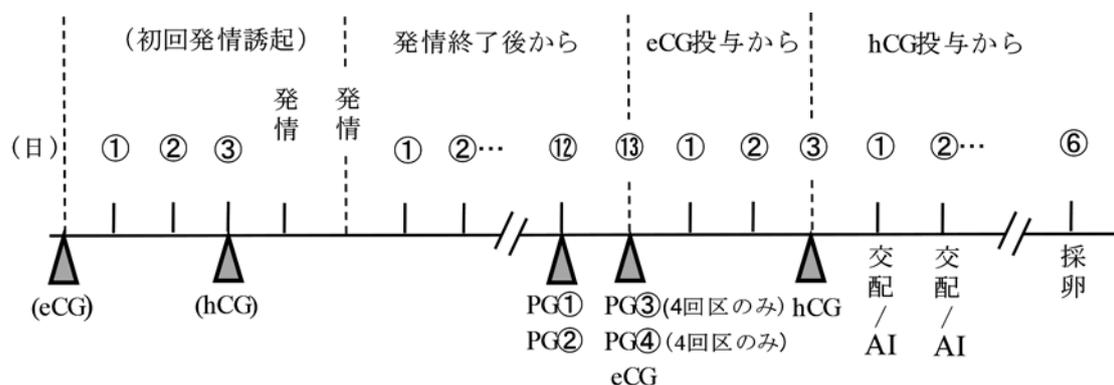


図1 発情誘起と過剰排卵処置のためのホルモン剤投与プログラム

いずれの供胚豚も、1回目の自然交配または人工授精から6日後に食肉処理場または青梅庁舎内で畜して、子宮および卵巣を採取し、約38℃に保温したクーラーボックスに入れて実験室へ持ち帰った。なお、食肉処理場で採取した子宮は、0.2%臭化セチルトリメチルアンモニウム溶液で殺菌した後、ポリビニルアルコールを1%加えたリン酸緩衝生理食塩水で2回以上洗浄した。採取した子宮は、実験室で子宮体部より約15cm上部の各左右の子宮角を筋繊維に沿って1cm程度穿刺して、バルーンカテーテル（富士平工業）を挿入し、卵子回収液 POE-CM（機能性ペプチド研究所、以下使用した培地はすべて同社製）を50mLずつ注入した。卵管部まで液を灌流させた後、子宮を軽くしごいて灌流液をガラス製の試験管に回収した。ここまで用いた溶液類は、すべて約38℃に温めておいたものを使用した。実体顕微鏡下で灌流液中から受精卵を検出し、桑実胚～初期胚盤胞以上の胚はMVAC法（Misumi et al, 2013）によりガラス化保存した。後日これらの保存胚を融解し、10%ウシ胎児血清を加えた後期発生培地 PBM で培養し、48時間後の発生を確認することにより生存性を検証した。

2. 開腹手術による複数回採卵の検討（試験2）

ブタの採卵は、試験1のように供胚豚をと畜して子宮ごと採取する方法が一般的であるが、限られた供胚豚からより多くの受精卵を採取するため、開腹手術による採卵の後に従来のと畜採卵を実施し、複数回の採卵が可能かを検証した。

9～11カ月齢の供胚豚を用いて、1回目の採卵として開腹手術を実施した。導入麻酔として、体重100kgあたりミタゾラム注10mg「サンド」（サンド社）および塩酸メドミジンとしてドルベネ注（共

立製薬）を各4～6mlずつ1：1で混合し、頸部に筋肉内注射した。鎮静を確認した後、耳静脈よりプロポフォル静注2%（丸石製薬）を約1～2分かけて少量ずつ、8～10ml注入した。投与後は、供胚豚を仰向けにして手術台（どこでもオペ、富士平工業）に乗せて四肢を固定した。吸引麻酔用のマスクは、円形の2L入り清涼飲料水ペットボトルの上部約1/2をカットして作製し、舌を口外に引きだして口吻の上部に装着した。空気が漏れないよう、マスクと口吻をテープで巻きつけて固定し、ペットボトルの首丈部分と麻酔器のチューブを接続して、動物用イソフルラン（物産アニマルヘルス）を2～3%混合した酸素を流量約2L/分に調整して吸引させた。

施術は、簡易手術室（フィールドオペユニットオリジナル、ワン・ステップ、図2）内にて行った。切開箇所は最後乳頭から上部へ12～15cmの正中線とし、周囲を石鹼およびヒビスクラブ消毒液（住友ファーマ）で3回ずつ洗浄した後に剃毛し、切開部付近の数か所に、局所麻酔剤（動物用塩プロ注、共立製薬）10mLを約1.5mLずつ皮下注射した。開腹採卵の手技は、前出の「豚の胚移植マニュアル」（（社）畜産技術協会、1996）を基礎として、（独）家畜改良センターにて研修を受講して習得した。施術中は、ヒーターや湯たんぽを用いて供胚豚を保温し、開腹後には抗生物質を投与して、切開創にドレッシングテープを貼って保護した。なお、手術器具をはじめ止血用のガーゼや脱脂綿、採卵に用いる器具はすべてオートクレーブで滅菌したものを用い、術者は術衣および滅菌手袋を着用後は、非滅菌物に触れないよう注意した。開腹手術後の供試豚は洗浄した豚房に隔離し、発情が確認された場合は次回以降の発情時に人工授精し、6日後に食肉処理場



図2 開腹手術の様子

でと畜して子宮を持ち帰り、2回目の採卵を実施した。

なお、本実験は、財団動物実験等実施規定（2024年改訂）および家畜・家畜飼養管理の手引き（2019年）に準じて実施した。

結果および考察

1. 試験1の結果

約7カ月齢の供胚豚の採卵成績を表1に示す。採卵数にばらつきはあったが、全体的に採取数は少なかった。また、PG 4回区では背圧反応や陰部の腫脹などの明瞭な発情徴候があったものの、雄を許容しない個体が数頭あり、胚盤胞も採取できなかった。PG 投与回数との関連は不明だが、両区で採卵

数が少なかったことは、供胚豚の性成熟が不十分であったと推測される。実際に、同程度の月齢のトウキョウXを交配・分娩させたときの産子数は、8カ月齢未満では平均6頭程度であったが、10カ月齢以上から増加傾向であったことから裏付けられる（図3）。

これらのことから、以降は供胚豚の肉豚としての利用は断念し、採卵数を優先することとし、最低でも10カ月齢以上の個体を供胚豚として同様の試験を実施した。その結果、個体差はあったが採卵数の増加傾向がみられ（表2）、供胚豚は、10カ月齢以上が望ましいと考えられた。発情同期化法の差異による採卵数への影響については明確な傾向は見られなかったが、PG 2回区と4回区ではほぼ同等の成績だったこと、また、動物福祉の観点や省力化も考慮

表1 7カ月齢時における採卵成績と採取卵の品質

PG 投与 回数	供胚豚 No.	採卵 時 月齢	黄体数 (個)	採卵数 (個)	採取した受精卵内訳 (個)				胚盤胞 率(%) ^{a)}
					未受精・ 変性卵	桑実胚	初期 胚盤胞	胚盤胞	
2	14458	7.3	12	3	0	0	1	2	66.7
	14480	6.9	7	5	0	2	2	1	20.0
	14493	7.6	20	4	0	0	0	4	100.0
	14535	7.5	11	4	2	0	1	1	25.0
4	14542	7.1	10	9	1	5	3	0	0.0
	14512	7.6	8	3	1	0	2	0	0.0

a)胚盤胞数/採取胚数

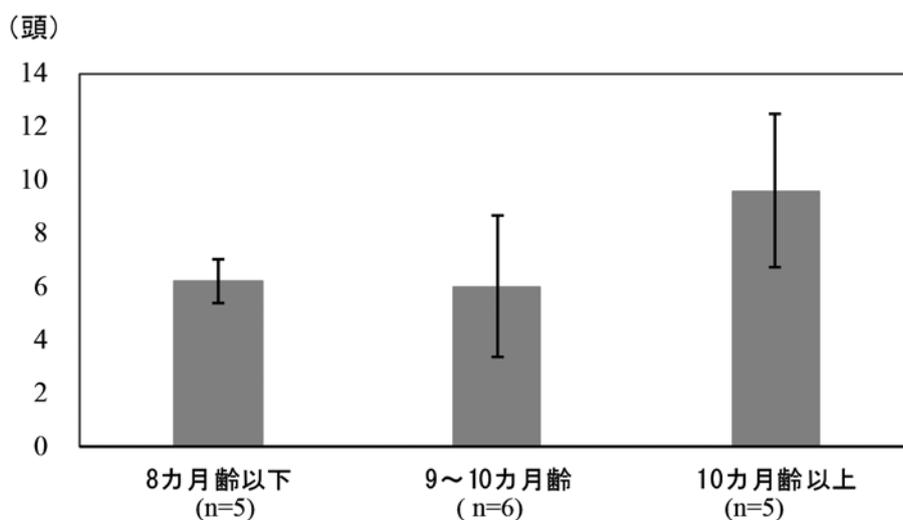


図3 交配月齢ごとの平均産子数

すると、PG 投与回数は2回でよいと考えた(表2)。

一方、6カ月齢程度で初回発情がみられる個体もあり、採卵適期まで幾度も発情周期を放置することにより、発情徴候が不明瞭になる場合がある。今回もそのような個体が数頭みられたため、次善策として1度交配して妊娠させ、妊娠30～42日目までの適期に流産させることで発情周期を調整した。1頭のみ、採卵豚の発情周期と採卵日のスケジュールが合わず、やむを得ず妊娠70日目に流産させたところ、灌流液に血液が混入しており、また、顆粒状物質による濁りが著しかったため、受精卵の探索を断念した。流産法は妊娠20～40日目程度までの処置が一般的であり(三角ら, 2020)、この場合は、妊娠期間が長すぎたために、子宮内を損傷させたと推測する。また、流産法は動物福祉の観点からも望ましく

ないため、発情周期の調整については今後の課題である。

採取胚をガラス化保存後、生存性を検証した結果、7か月齢時で採取した胚はすべて死滅していたが、10か月齢前後の供胚豚から採取した保存胚は生存・発生が確認された。しかし、同様の月齢の供胚豚からの採取胚においても、食肉処理場でと畜した時より青梅庁舎内でと畜・採卵した保存胚の方が生存率は高かった(表3)。前者は供胚豚をと畜して採取胚を38℃の培養液に入れるまでに約3時間を要し、後者は約1時間で完了していることから、温度変化に非常に弱いブタの生殖細胞にとって、この間の温度変化などが保存後の生存・発生に影響を及ぼした可能性がある。今後は、採卵時の環境温度にも気を付け、採卵までの時間短縮の工夫などが必要と

表2 10カ月齢以上の供試豚の採卵成績

PG 投与 回数	供胚豚 No.	発情 同期化 方法	採卵時 月齢	黄体数 (個)	採卵 総数 (個)	採取卵内訳 (個)			胚盤胞率 (%) ^{a)}
						未受精/ 変性卵	桑実胚	胚盤胞	
	14827	偽妊娠	11.1	22	4	1	2	1	25.0
4	14843	偽妊娠	11.4	14	14	11	1	3	20.0
	15135	誘起	10.6	9	7	0	1	6	85.7
	14826	偽妊娠	12.8	12	5	0	0	5	100.0
2	15132	誘起	10.9	12	7	3	0	4	57.1
	15010	偽妊娠	12.6	10	12	4	0	8	66.7

a)胚盤胞数/採卵総数

表3 供胚豚のと畜から胚保存までの時間差によるガラス化保存後の発生

と畜場所	と畜から採卵処理までの時間	胚採取頭数	供試胚数(個)	培養開始時(個)		48時間後(個)			胚生存率(%) ^{a)}
				桑実胚以下	胚盤胞	桑実胚以下	胚盤胞	脱出胚盤胞	
食肉処理場	2時間半～3時間	3	23	11	12	9	5	9	60.9
青梅庁舎内	約1時間	3	21	7	14	3	13	5	85.7

a)胚盤胞以上/供試胚

考える。

以上のことから、供胚豚は若い個体をホルモン処置して発情を誘起するよりも自然な春機発動を待ち、10カ月程度まで十分に性成熟した個体を用いる方が良好な保存胚が得られる可能性が高いことが示された。また、発情同期化方法について、流産法は妊娠期間を約40日以内とすれば、ほぼ確実に発情を誘起できる方法であるが、アニマルウェルフェアの視点から今後は極力控えるべきであり、今後は偽妊娠法を推奨する。

2. 試験2の結果

同一の供胚豚から複数回採卵するために、開腹手術による採卵を実施した。導入麻酔剤の投与量や効果が現れるまでの時間は個体差が大きかったが、吸引麻酔を開始した後は施術中に覚醒することはな

く、呼吸停止する個体もなかった。供胚豚の鎮静確認から手術台への固定と洗浄、さらに開腹、採卵、縫合までは約3時間を要したが、6頭の供胚豚で開腹採卵した結果、すべての個体が施術の翌日または2日後には自力で起立して飲水・摂餌し、また、ほぼ正常な回帰日数で発情徴候がみられた。このうち4頭については、術後から2周期目の発情時に人工授精し、その6日目に食肉処理場でと畜して採卵を実施した。子宮同士や腹腔内との癒着が激しい個体や、子宮内の灌流液が著しく混濁していたため、卵子の探索が不可能だった個体があったが、2頭の供胚豚で2度の採卵を行うことができた(表4)。1回目と2回目の採卵数は、個体によってばらつきが大きかったが、1回の採卵では得られない採卵数の個体もあり、供胚豚として効率的に活用できたと言える。また、今回は実施しなかったが、1回目の切

表4 開腹手術またはと畜による採卵成績

供胚豚No.	採卵方法	採卵時月齢	総採卵数(個)	うち胚盤胞(個)	胚盤胞率(%)	黄体数(個)	回収率(%) ^{a)}	備考
16022	開腹手術	8.9	11	11	100.0	12	91.7	AI後に複数回排膿、2回目採卵断念
15979	開腹手術	11.0	11	9	81.8	11	100.0	術後発情時AI不能、2回目採卵断念
16090	開腹手術	10.8	0	0	-	-	-	検卵不可能
	と畜	12.2	0	0	-	11	-	検卵不可能
16622	開腹手術	9.8	13	9	69.2	13	100.0	
	と畜	11.0	5	4	80.0	11	45.5	右卵巢に膿腫あり
16741	開腹手術	10.8	5	4	40.0	14	35.7	
	と畜	13.8	7	7	100.0	14	50.0	両卵巢に膿腫あり
16922	開腹手術	11.2	17	16	94.1	17	100.0	
	と畜	13.3	0	0	-	13	0.0	癒着が激しく、子宮摘出時に胚流失の可能性あり

開場所より上部を再度開腹し、開腹採卵を2度実施することも可能であるため、1頭の供胚豚から3回採卵の可能性がある。ただし、子宮の癒着防止策を強化するなどの手術の練度向上や、実施月齢の検討などの課題解決が必要である。

以上の結果をまとめると、と畜採卵は手技が容易であるが、胚を確保するために多くの供胚豚が必要であることが難点であり、いかに温度変化を最低限に保ち、迅速に受精卵を採取するかが課題である。一方で、開腹採卵は供胚豚を有効活用できることが最大のメリットであるが、高度な技術の習得が必要であり、また術者の他にも、経験や知識のある助手1名のほか、採卵作業を行う者の、合計3名が最低でも必要であるほか、多量の鎮静剤や麻酔剤を使用しなければならないことがデメリットである。今後は、状況に応じていずれか実施可能な方法を用いて、トウキョウXの胚保存を進めていき、これらを母豚に移植して移植胚由来子豚の生産を目指す。

謝 辞

本研究の実施にあたり、青梅畜産センター星宏樹氏、中村梓氏（いずれも現畜産技術科）および大関和也氏、ブタ飼養班職員の皆様に多大なご協力をいただき、また、（独）家畜改良センター平山祐理氏、江川紗智子氏をはじめとする多くの方に開腹採卵に関する技術指導を賜り、深く感謝いたします。

引用文献

- (社) 畜産技術協会 編 (1996) 豚の胚移植マニュアル. 34-59
- 鈴木亜由美・椎名浩己・丹澤 舞・岡田幸之助 (2025) トウキョウX体外生産胚の効率的な作出と移植による子豚生産. 東京都農総研研報, 20 ; 9-16
- FUJINO Yukihiro・Yoshiyukji NAKAMURA・Hiroshi KOBAYASHI and Kazuhiro KIKUCHI (2006) Relationship between Time Elapsed after Human Chorionic Gonadotropin Administration and Developmental Stage in Porcine Embryos Collected from Prepubertal Gilts. J. Reprod. Dev. 52 ; 267-275
- 内倉健造・渡邊拓也・中田智子・鈴木雅大・糟谷淳・相良鮎美・田島茂行・栗田孝之 (2020) 種豚場における胚採取のための未經産豚の発情同期化法の検討. 日豚会誌57 ; 147-152
- 野口倫子 (2012) 偽妊娠誘起を応用した豚の発情同期化法. 養豚の友11月号 ; 20~23
- 柴田貴子・田島茂行・安藤康紀 (2006) プロスタグランジン F2 α 及び PMSG, hCG による豚の排卵同期化. 愛知県農業総合試験場研究報告, 38 ; 161-166
- MISUMI Koji・Yuri HIRAYAMA・Sachiko EGAWA・Shoko YAMASHITA・Hiroyoshi HOSHI and Kei IMAI (2013) Successful Production of Piglets Derived from Expanded Blastocysts Vitrified Using a Micro Volume Air Cooling Method without Direct Exposure to Liquid Nitrogen. J. Reprod. Dev. 59 ; 520-524
- 三角浩司・江川紗智子・御澤弘靖・平山祐理 (2020) ブタガラス化保存胚盤胞を用いた非外科的移植方法の改善. 日豚会誌57 ; 129-137

Efficient methods for collecting Tokyo X fertilized eggs to preserve genetic resources.

Ayumi Suzuki^{1*}, Kouki Shiina², Syungo Hiramama³

¹Tokyo Metropolitan Agriculture and Forestry Research Center

²Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries

³Ome Livestock Center

Abstract

Malignant infectious diseases, such as swine fever and African swine fever, can occur within a country or in neighboring countries.

If such diseases invade the Ome Government Building of the Tokyo Metropolitan Agriculture, Forestry, and Fisheries Promotion Foundation, where Tokyo X original breeding pigs are raised, all Tokyo X breeding pigs would be slaughtered, directly leading to the loss of the Tokyo X lineage.

Therefore, fertilized blastocysts from Tokyo X porcine were collected and preserved as a precautionary measure.

However, for pig embryos, the most common method involves slaughtering the donor pig and harvesting the uterus, which allows only a single embryo collection per donor pig.

To efficiently secure fertilized embryos, we examined the optimal timing for embryo collection and methods of estrus synchronization. Moreover, a laparotomy-based technique for oocyte retrieval was developed.

The introduction of this technique could enhance the effective utilization of donor pigs.

Accordingly, after performing laparotomy-based oocyte retrieval on one donor pig, post-slaughter oocyte retrieval was conducted, successfully achieving two rounds of oocyte retrieval from two donor pigs.

Keywords: Tokyo X, Embryo collection, Open abdominal embryo retrieval

Bulletin of Tokyo Metropolitan Agriculture and Forestry Research Center, 21: 17-24, 2026

*Corresponding author: a-suzuki@tdfaff.com