

神奈川県畜産技術センター研究報告  
第6号 (通巻101号)

目 次

【研究報告】

関東南部におけるサイレージ用トウモロコシ (*Zea mays* L.) 二期作栽培の品種の組み合わせによる作業分散方法

折原健太郎・齋藤直美・秋山 清 ----- 1

ホルスタイン種未経産牛の OPU-IVF による胚生産

秋山清・浅川祐二・森村裕之・近田邦利・湯本森矢・坂上信忠 ----- 7

【技術報告】

神奈川県における子実トウモロコシ生産の導入に向けた実証栽培と課題整理

白石葉子・勝呂ゆりか・飯島智大・堀口昌秀・折原健太郎 ----- 13

【場外掲載論】 ----- 21

【学会発表】 ----- 22

**Bulletin of Kanagawa Prefectural  
Livestock Technology Industry Center (No.6)**

C O N T E N T S

Work Dispersion Methods Using Cultivar Combinations for Silage Corn (*Zea mays* L.)  
Double Cropping in Southern Kanto  
Kentaro Orihara, Naomi Saito and Kiyoshi Akiyama

Embryo production by Ovum Pick-up on dairy heifer  
Kiyoshi Akiyama, Yuuji Asakawa, Hiroyuki Morimura, Kunitoshi Konda, Shinya  
Yumoto and Nobutada Sakagami

Demonstration Cultivation and Challenges for Introducing Grain Corn Production in  
Kanagawa Prefecture  
Yoko Shiraishi, Yurika Katsuro, Tomohiro Iijima, Masahide Horiguchi, Kentaro  
Orihara

# 関東南部におけるサイレージ用トウモロコシ (*Zea mays* L.) 二期作栽培の 品種の組み合わせによる作業分散方法

折原健太郎・齋藤直美・秋山 清

Work Dispersion Methods Using Cultivar Combinations for Silage Corn (*Zea mays* L.) Double Cropping in Southern Kanto

Kentaro Orihara, Naomi Saito and Kiyoshi Akiyama

関東南部におけるトウモロコシ二期作において、1作目の収穫から2作目の播種までの作業分散ができる品種の組み合わせ方法について検討した。1作目に P9400 (RM100)、2作目に P2307 (RM125) を組み合わせると、1作目の収穫と2作目の播種は7月中旬から下旬に実施可能となる。1作目に P2088 (RM118)、2作目に 30D44 (RM135) を組み合わせると、1作目の収穫と2作目の播種は8月上旬に実施することが可能となる。これらの2つの栽培方法を組み合わせることにより、トウモロコシ二期作の1作目の収穫から2作目の播種までの作業分散が可能となる。

キーワード：関東南部、サイレージ用トウモロコシ、二期作、作業分散、品種

関東南部の栽培適地におけるトウモロコシ二期作では、1作目に相対熟度（以下、RM）100程度の極早生品種を4月上旬に播種して7月下旬に収穫し、2作目に10℃基準の有効積算温度が1,200℃で乾物率が28%となるRM125~135の中生から極晩生の品種を8月上旬に播種して11月下旬から12月上旬に収穫することにより安定栽培できる（折原 2017）。

その一方で、上記の体系では、1作目の収穫から2作目の播種までの期間が極めて短く、2作目の播種が遅れた場合、収穫時に登熟不足となり、収量は低下する（折原 2017、折原・秋山 2018）。このため、2作目に不耕起栽培を導入して、2作目の播種を省力化することが有効であるが（原田ら 2009、加藤 2011、折原 2014）、この時に収穫と播種の作業が集中するため、作付面積を拡大するためには、この期間を拡大して作業分散をすることが有効である。

そこで、本研究ではトウモロコシ二期作の作付面積を拡大するため、1作目の収穫から2作目の播種までの期間を拡大して作業分散ができる栽培方法について検討した。

## 材料及び方法

試験は、2016年および2017年に神奈川県海老名市（神奈川県畜産技術センター内の圃場）で実施した。1作目には極早生から早生品種のKD500 (RM100)、P9400 (RM100)、LG3457 (RM100)、TX1235 (RM105)、LG2533 (RM105)、34N84 (RM108)、LG3520 (RM110)、P1690 (RM115) およびP2088 (RM118) の9品種、2作目には早生から極晩生品種のP1690 (RM115)、P2088 (RM118)、KD731 (RM123)、P2307 (RM125) および30D44 (RM135) の5品種を供試した。

1作目は、4月上旬（2016年は4月1日、2017年は4月3日）に播種し、黄熟期に達した時期を目安に収穫した。2作目は、7月下旬（2年間ともに7月25日）、8月上旬（2016年は8月5日、2017年は8月4日）および8月中旬（2016年、2017年ともに8月15日）に播種し、各試験区の登熟状況を確認しながら黄熟期に達した時期またはそれ以上登熟が見込まれない時期に収穫した。

栽培の1区画は9.0m<sup>2</sup>（2.25m×4.0m）とし、条間75cm×株間20cmで2粒ずつ播種して、トウモロコシの4~6葉期に間引きまたは補植して栽

表1. 作期ごとの有効積算温度<sup>1</sup>.

試験年	1作目 (4/1-7/31)		2作目 (8/1-11/30)		合計 (4/1-11/30)	
	観測値	差 <sup>3</sup>	観測値	差 <sup>3</sup>	観測値	差 <sup>3</sup>
2016	1,311	+75	1,312	+34	2,623	+109
2017	1,317	+81	1,213	-65	2,530	+16
18年間平均値 <sup>2</sup>	1,236		1,278		2,514	

<sup>1</sup>10°C基準の積算温度 (°C) . <sup>2</sup>1998-2015年の平均値. <sup>3</sup>18年間平均値との差.

植密度を 6,667 本/10a にした。

施肥は、播種前に牛ふん堆肥 5 t/10a および苦土石灰 60 kg/10a を施用し、播種時に硫酸 48kg/10a (N10 kg/10a) を施用した。除草剤はアトラジン・メトラクロール水和剤を標準使用量でトウモロコシの播種後・発芽前に土壌散布した。

収量調査は、中央 1 条を全て収穫し、試験区ごとに収穫した全個体を茎葉部と雌穂部に分別して新鮮重を測定後、そのうち中庸な 5~6 個体を細断して 70°C で 48 時間乾燥して乾物重を測定した。

播種期および品種ごとに任意の 1 区画について、茎葉部および雌穂部を十勝農協連に依頼して分析

し、NRC01 式 (NRC 2001) により TDN 含量を推定した。TDN 収量は、それぞれの茎葉部および雌穂部の乾物収量に乗じて求めた。

気象データは、神奈川県畜産技術センターの圃場に設置した気象観測装置のデータを利用した。栽培期間の有効積算温度は、播種翌日から収穫日までの 10°C 基準の積算温度とした。

病害は、すす紋病およびさび病については、試験区の全個体を観察して評点 (吉村 2004) により判定し、根腐病は収穫した個体数を調査して発生率を求めた。

表2. 1作目の試験結果.

試験年	品種	相対熟度 <sup>1</sup>	収穫日	有効積算温度 <sup>2</sup> (°C)	ミルクライン <sup>3</sup> /熟期	乾物率 (%)	TDN収量 (kg/10a)
2016	KD510	100	7/29	1,274	5.0	31.1 ab	1,603 bc
	P9400	100	7/20	1,150	3.7	27.8 c	1,612 bc
	LG3457	100	7/25	1,215	4.0	31.7 a	1,622 bc
	TX1235	105	7/25	1,215	4.0	27.4 c	1,608 bc
	LG2533	105	7/25	1,215	4.0	28.6 bc	1,508 c
	34N84	108	7/29	1,274	5.0	29.9 abc	1,602 bc
	LG3520	110	7/29	1,274	5.0	29.4 abc	1,690 abc
	P1690	115	8/1	1,326	5.0	29.8 abc	1,922 ab
	P2088	118	8/1	1,326	4.0	29.7 abc	2,056 a
	<i>P</i> 値 <sup>4</sup>					<0.001	<0.001
2017	KD510	100	7/20	1,127	2.7	29.3 c	1,511
	P9400	100	7/20	1,127	3.7	31.4 abc	1,532
	LG3457	100	7/24	1,199	4.3	33.3 a	1,511
	TX1235	105	7/24	1,199	3.0	30.8 bc	1,526
	LG2533	105	7/24	1,199	3.7	31.1 abc	1,414
	34N84	108	7/31	1,316	5.3	32.1 ab	1,527
	LG3520	110	7/31	1,316	7.0	31.2 abc	1,548
	P1690	115	8/3	1,360	5.7	31.6 ab	1,655
	P2088	118	8/3	1,360	5.7	31.6 ab	1,787
	<i>P</i> 値 <sup>4</sup>					<0.001	0.170

<sup>1</sup>販売元の公表値. <sup>2</sup>播種翌日から収穫日までの10°C基準の積算温度. <sup>3</sup>ミルクライン降下度: 数値が記載されている場合には黄熟期に達しており, 熟度が進むほど値は大きくなる. <sup>4</sup>分散分析. <sup>5</sup>異なる符号を付したデータ間には5%水準で有意差がある.

表3. 2作目の試験結果.

実施年	播種日	品種名	相対熟度 <sup>1</sup>	収穫日	有効積算温度 <sup>2</sup> (°C)	ミルクライン <sup>3</sup> /熟度	乾物率 (%)	TDN収量 (kg/10a)	
2016	7/25	P1690	115	10/26	1,315	5.3	38.7	632	
		P2088	118	11/2	1,346	4.7	31.8	771	
		KD731	123	11/2	1,346	3.3	27.8	883	
		P2307	125	11/7	1,363	2.3	30.3	1,005	
		30D44	135	11/7	1,363	5.0	34.9	753	
	8/5	P1690	115	11/21	1,217	3.0	25.2	603	
		P2088	118	11/21	1,217	1.3	22.5	662	
		KD731	123	11/28	1,225	1.3	22.3	887	
		P2307	125	11/28	1,225	1.3	23.5	725	
		30D44	135	11/28	1,225	2.3	28.3	742	
	8/15	P1690	115	11/29	1,047	1.0	25.1	487	
		P2088	118	11/29	1,047	糊熟期	23.8	532	
		KD731	123	11/29	1,047	糊熟期	19.5	613	
		P2307	125	11/29	1,047	乳熟期	23.1	533	
		30D44	135	11/29	1,047	糊熟期	23.7	494	
	品種平均		P1690					29.7 a	883 b
			P2088					26.0 a	987 ab
			KD731					23.2 a	1,230 a
			P2307					25.6 a	1,188 ab
			30D44					29.0 a	1,034 ab
	播種日平均		7/25					32.7 a	1,222 a
		8/5					24.3 b	1,133 a	
		8/15					23.1 b	838 b	
<i>P</i> 値 <sup>4</sup>		品種					<0.001	<0.001	
		播種日					<0.001	<0.001	
		品種×播種日					0.083	0.066	
2017	7/25	P1690	115	11/7	1,264	5.0	30.3 a	841	
		P2088	118	11/7	1,264	5.7	30.5 a	846	
		KD731	123	11/13	1,293	4.7	33.1 a	910	
		P2307	125	11/13	1,293	3.3	32.6 a	810	
		30D44	135	11/13	1,293	2.0	35.1 a	882	
	8/4	P1690	115	11/24	1,144	2.3	30.2 a	808	
		P2088	118	11/24	1,144	2.3	28.6 ab	883	
		KD731	123	11/28	1,149	2.0	26.0 b	926	
		P2307	125	11/28	1,149	1.3	26.9 b	906	
		30D44	135	11/28	1,149	2.0	30.8 a	924	
	8/15	P1690	115	12/7	969	1.0	27.5 a	629	
		P2088	118	12/7	969	1.0	28.0 a	615	
		KD731	123	12/7	969	乳熟期	23.3 c	646	
		P2307	125	12/7	969	糊熟期	24.1 bc	569	
		30D44	135	12/7	969	糊熟期	26.8 ab	545	
	品種平均		P1690					29.3 a	1,134
			P2088					29.0 a	1,150
			KD731					27.5 a	1,287
			P2307					27.9 a	1,208
			30D44					30.9 a	1,232
	播種日平均		7/25					32.3 a	1,311 a
		8/4					28.5 b	1,352 a	
		8/15					25.9 c	944 b	
<i>P</i> 値 <sup>4</sup>		品種					<0.001	0.567	
		播種日					<0.001	<0.001	
		品種×播種日					0.003	0.796	

<sup>1</sup>販売元の公表値. <sup>2</sup>播種翌日から収穫日までの10°C基準の積算温度. <sup>3</sup>ミルクライン降下度: 数値が記載されている場合には黄熟期に達しており, 熟度が進むほど値は大きくなる. <sup>4</sup>分散分析. <sup>5</sup>異なる符号を付したデータ間には5%水準で有意差がある.

## 結果

2016年8月22日に台風9号、2016年9月20日に台風16号、2017年9月17日に台風18号、2017年10月22日に台風21号が付近を通過し、その強風により倒伏が発生するなどの影響を受けた。

作期ごとの有効積算温度（10℃基準）を表1に示した。1作目の有効積算温度は、2016年および2017年ともに1998～2015年の18年間平均値より高く、2作目の有効積算温度は、2016年は18年間平均値より高く、2017年は18年平均値より低かった。試験を実施した2年間は、いずれもトウモロコシ二期作栽培条件とされる年間の有効積算温度2,400℃を上回った。

1作目の試験結果を表2に示した。RM100～118の品種を4月上旬に播種すると、試験を実施した2年間ともに全ての品種が7月中旬から8月上旬に黄熟期に達した。P9400は、黄熟期に達した有効積算温度が2016年では1,150℃、2017年では1,127℃であり、いずれの年も最も低く、最も早く収穫期となった。P1690およびP2088は、黄熟期に達した有効積算温度は2016年では1,326℃、2017年では1,360℃であり、いずれの年も最も高く、最も早く収穫したP9400と比較して12～14日遅い収穫であった。

乾物率は、2年間ともにLG3457が高く、試験年にかかわらずほぼ全ての品種が28%以上となった。

TDN収量は、2016年のみに品種間に有意性が認められた。2016年は1,508～2,056 kg/10aでありP2088が最も多収となり、2017年は1,414～1,787 kg/10aであった。品種間差の最大値は、2016年は548 kg/10a、2017年は373 kg/10aであった。

2作目の収穫調査結果を表3に示した。2016年は、7月下旬播種では10月26日～11月7日、8月上旬播種では11月21～28日に黄熟期に達した。8月中旬播種では、11月29日にP1690は黄熟期に達し、その他の品種は乳熟期から糊熟期となった。2017年は、7月下旬播種では11月7日～13日、8月上旬播種では11月24日～28日に黄熟期に達したが、8月中旬播種ではP1690およびP2088は黄熟期に達したが、その他の品種は乳熟期から糊熟期となった。

乾物率は、2016年は7月下旬播種では27.8～38.7%、8月上旬播種では22.3～28.3%、8月中旬

播種では19.5～25.1%であった。7月下旬播種ではほぼすべての品種が28%を超えていたが、8月播種ではP2088およびKD731、8月中旬播種ではP1690を除いて25%に達しなかった。2017年は、7月下旬播種では30.3～35.1%、8月上旬播種では26.0～30.8%、8月中旬播種では23.3～28.0%であった。すべての品種が7月下旬播種では30%、8月上旬播種ではすべての品種が25%、8月中旬播種ではP1690、P2088および30D44が25%を超えた。TDN収量は、2016年では7月下旬播種では632～1,005 kg/10a、8月上旬播種では603-887 kg/10a、8月中旬播種では487-613kg/10aであり、播種期別にみた品種間差は126-373 kg/10aであった。2017年では7月下旬播種では810-910 kg/10a、8月上旬播種では808～926 kg/10a、8月中旬播種では545～646 kg/10aであり、播種期別にみた品種間差は101～118 kg/10aであった。

表4. 1作目の病害発生状況.

品種	根腐病 <sup>1</sup>	
	2016	2017
KD510	0	0
P9400	2	0
LG3457	0	0
TX1235	0	0
LG2533	5	0
34N84	2	0
LG3520	0	0
P1690	0	2
P2088	3	0

<sup>1</sup>発生率（%）を示す。

病害発生状況を表4および表5に示した。1作目は根腐病が発生し、2016年は4品種、2017年は1品種にそれぞれ軽微な発生があった。2作目は、すす紋病、さび病および根腐病が発生した。すす紋病は、2016年は軽微な発生程度であったが、2017年は播種日が早いほど発生程度が大きく、P1690およびP2088は7月下旬播種で重度の発生があったが、P2307および30D44では比較的軽微な発生となった。さび病は、2016年は播種日が早いほど発生程度が大きく、7月下旬および8月上旬播種ではP1690およびP2088に重度の発生が認められた。2017年は発生が認められなかった。根

表5. 2作目の病害発生状況.

播種日 <sup>3</sup>	品種名	すす紋病 <sup>1</sup>		さび病 <sup>1</sup>		根腐病 <sup>2</sup>	
		2016	2017	2016	2017	2016	2017
7月下旬	P1690	2	7	9	1	39	8
	P2088	2	7	8	1	28	0
	KD731	3	4	3	1	5	31
	P2307	3	3	2	1	7	27
	30D44	3	3	2	1	7	12
8月上旬	P1690	1	5	8	1	12	15
	P2088	1	5	7	1	3	3
	KD731	1	3	3	1	0	0
	P2307	1	3	2	1	0	0
	30D44	1	2	3	1	2	0
8月中旬	P1690	1	3	5	1	0	0
	P2088	1	3	4	1	0	0
	KD731	1	2	3	1	0	0
	P2307	2	2	1	1	0	0
	30D44	1	1	2	1	0	0

<sup>1</sup>評点 (1: 無-9: 甚), <sup>2</sup>発生率 (%) を示す. <sup>3</sup>7月下旬は2016年および2017年ともに7月25日, 8月上旬は2016年は8月5日, 2017年は8月4日, 8月中旬は2016年および2017年ともに8月15日に播種した.

腐病は、播種日が早い方が発生率は高く、7月下旬播種では発生率が高かったが、8月中旬播種では発生は認められなかった。

### 考察

関東南部におけるトウモロコシ二期作は、多収な飼料作物栽培体系であるが(折原 2017)、1作目の収穫から2作目の播種までの期間が極めて短いこと(折原 2017; 折原・秋山 2018)が制限要因となり、栽培面積の拡大が難しくなっている。

関東南部では、1作目としてRM100程度の極早生品種を利用することが推奨されていることから(折原 2017)、本研究ではRM100の品種を3品種供試して比較した。このうち、P9400は2年間の試験において、黄熟期に達した有効積算温度の2年間の平均は1,139℃と供試した品種の中で最も低く、最も早く収穫期となった。このように、RMの表示が同じ品種においても、登熟する早さが異なることから、2作目の栽培期間を確保するためには、1作目には収量を確保しながら早く登熟する品種を選定することが必要である。P9400は、早く登熟することに加えて、TDN収量も供試したRM100~110の品種と差がなかったことから、1作目に供試する品種として適すると考えられた。P9400は、試験を実施した2年間ともに7月20日に収穫することができたことから、2作目は7月下旬には播種することが可能となる。

一方、RM111以上の品種では、P1690およびP2088は2年間ともに収穫は8月上旬と最も遅い収穫であり、最も早かったP9400より12~14日遅くなった。このうち、P2088は、TDN収量が2年間ともに最も多収であった。P2088は、8月上旬には黄熟期に達し収穫期となることから、不耕起栽培のように収穫後直ちに播種することにより、2作目は8月上旬に播種することが可能となる。

2作目は、8月中旬の播種ではTDN収量が低下することから、7月下旬または8月上旬に播種することが望ましい。RM115~135の品種を7月下旬に播種すると、供試した全ての品種が11月中旬、8月上旬に播種すると11月下旬までにそれぞれ黄熟期に達し、TDN収量には品種間差は認められなかった。

一方、7月下旬または8月上旬に播種すると、すす紋病およびさび病が発生した。特に、P1690およびP2088は、2016年にはさび病、2017年にはすす紋病の甚大な発生が認められた。関東南部では、これらの病害は現在問題となっていないが、本研究において品種により甚大な発生する場合があったため、P1690やP2088のように抵抗性の低い品種はこの時期に播種しない方がよいと考えられた。

これらのことから、2作目にすす紋病およびさび病の抵抗性の低い品種を除くと、7月下旬播種では乾物率が30%を以上でTDN収量が多いP2307、8月上旬の播種では乾物率が28%以上で

あった30D44を利用することが望ましいと考えられた。

1作目にP9400、2作目にP2307を組み合わせる栽培方法では、1作目の収穫と2作目の播種は7月中旬から下旬に実施することができる。一方、1作目にP2088、2作目に30D44を組み合わせる栽培方法では、1作目の収穫と2作目の播種は8月上旬に実施することができる。これらの栽培方法を組み合わせることにより、1作目の収穫と2作目の播種の作業を別々の期間に実施することができ、作業分散が可能になると考えられた。

これらのことから、関東南部におけるトウモロコシ二期作の作業分散方法として、①1作目は早く収穫期となるRM100程度の極早生品種を4月上旬～7月中下旬に栽培し、2作目はRM125前後の中生品種～RM130前後の晩生品種を7月下旬～11月下旬・12月上旬に栽培する、②1作目は多収な早生品種(RM115～118)を4月上旬～8月上旬に栽培し、乾物率の高いRM120前後の中生品種～RM130前後の晩生品種を8月上旬～11月下旬・12月上旬に栽培する。これらの二つの方法を組み合わせることにより、トウモロコシ二期作の1作目の収穫から2作目の播種までの作業分散が可能となり、作付面積を拡大することができることが示唆された。

### 謝辞

本研究は、農林水産省委託プロジェクト研究「栄養収量の高い国産飼料の低コスト生産・利用技術の開発」の補助を受けて行った。

農研機構九州沖縄研究センター加藤直樹博士には、本論文の校閲を頂き、貴重なご助言を賜った。深く感謝申し上げます。

### 引用文献

- 原田直人・小村洋美・宮園勉・竹之内豊・桑水郁郎. 2009. 二期作トウモロコシ不耕起栽培における品種・播種作業性・年3作体系の検討並びに栽植密度が生産性、耐倒伏性に及ぼす影響. 鹿児島農総セ研報(畜産)3、19-26.
- 加藤直樹. 2011. 九州における飼料用トウモロコシ不耕起栽培技術の紹介. 日草誌57、172-175
- National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle (7th rev. ed.), pp.14-15. National Academy Press. Washington, DC.
- 折原健太郎. 2014. トウモロコシ不耕起栽培のメリットを生かす. 3 開発機を使った栽培事例—神奈川県. DAIRYMAN. 64、42-43.
- 折原健太郎. 2017. 関東南部におけるサイレージ用トウモロコシ(Zea mays L.)二期作の品種の組み合わせ. 日草誌62、181-188.
- 折原健太郎・秋山 清. 2018. 登熟不足の夏播きトウモロコシ(Zea mays L.)のサイレージ調製のための収穫適期. 日草誌64、108-111.
- R Core Team. 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/> [2019年11月13日参照]
- 吉村義則. 2004. 草地科学実験・調査方法(日本草地学会編集), p112-115. 畜産技術協会, 東京.

## ホルスタイン種未経産牛の OPU-IVF による胚生産

秋山清・浅川祐二・森村裕之・近田邦利・湯本森矢・坂上信忠

Embryo production by Ovum Pick-up on dairy heifers

Kiyoshi Akiyama, Yuuji Asakawa, Hiroyuki Morimura, Kunitoshi Konda, Shinya Yumoto  
and Nobutada Sakagami

ホルスタイン種未経産牛に適した OPU-IVF の実施方法と繁殖成績への影響を検討するために、無処理区と卵胞刺激ホルモン製剤 10AU を生理食塩水 10mL に溶解して皮下投与する卵胞発育処理区に 8 ヶ月齢の供試牛を配置して 13 ヶ月齢までの卵子採取成績、体外受精後の胚生産成績、OPU-IVF 後の繁殖成績を調査した。卵胞発育処理区は無処理区に対して OPU 時の中卵胞数が有意に増加し、体外受精後の正常卵割胚率及び 7 日目胚率が有意に高く、高品質胚率が高い傾向であり、繁殖成績に差は認められなかった。これらのことから、8 ヶ月齢から 13 ヶ月齢のホルスタイン種未経産牛に対して OPU-IVF による胚生産が可能であり、卵胞発育処理が高品質胚の生産につながる可能性があること、繁殖成績に与える影響は少ないことが示唆された。

キーワード：未経産牛、OPU-IVF、卵胞発育処理、胚生産成績、繁殖成績

経膈採卵-体外受精（以下、OPU-IVF）は、超音波診断装置を利用して経膈的に卵子を採取し体外受精により移植可能胚を生産する新しい胚生産方法として期待され、県内では OPU-IVF を利用した後継牛生産の現地実証が取り組まれてきた（湯本ら 2025）。現地実証では、牛群改良の中心となる高能力牛のほか、高齢、繁殖障害などの理由で通常の繁殖が困難となった牛から胚生産が行われてきたが、近年は、ゲノミック評価による泌乳能力の推定が可能になったことから未経産牛への OPU-IVF の希望が増加してきた。

一般に、未経産牛は 8 ヶ月齢程度で春機発動を示し、発情を繰り返しながら 12 ヶ月齢から 15 ヶ月齢で性成熟に達するとされている。OPU-IVF では性成熟前の未経産牛から胚生産が可能なが示されており、供卵牛の初産分娩前に胚移植による子牛生産、世代間隔の短縮や短期間での特定牛の増頭による改良の加速化が期待される（田川と今井 2006、植田ら 2009、金田 2019、渡辺ら 2023）。一方、未経産牛に対する OPU-IVF では、成牛に比べて採取卵子数や胚盤胞期胚率が低いことが指摘されている（Tagawa et al. 2007、Taynan et al. 2022）。

これまで、OPU-IVF による採取卵子数や体外受精後の移植可能胚数の増加のために卵胞刺激ホルモン製剤（以下、FSH）による卵胞発育処理が利用されてきた（轟木 2006、及川ら 2011、秋山ら 2016）。しかし、未経産牛に対する適切な卵胞発育処理は明らかにされていない。また、OPU-IVF の実施による受胎月齢の遅れに対する懸念がある。

そこで、未経産牛に適した OPU-IVF の実施方法と実施後の繁殖成績への影響を検討するために、卵胞発育処理が卵子採取成績、胚生産成績及び OPU-IVF 後の繁殖成績に及ぼす影響を調査した。

### 材料及び方法

#### 1 供試牛

所内で飼養するホルスタイン種未経産牛 12 頭（8 ヶ月齢）を供試した。本研究におけるすべての動物実験は神奈川県畜産技術センター動物実験規定に基づき実施した。

#### 2 試験期間

令和 3 年 1 月から令和 5 年 7 月まで

#### 3 試験区

供試牛は、無処理区と卵胞発育処理区にそれぞれ

れ配置し、8ヶ月齢から13ヶ月齢までの間に1~3ヶ月程度の間隔を空けてOPU-IVFを3~6回反復して実施した。

#### (1) 無処理区

発情周期の任意の時期に直径3mm以上の全卵胞を吸引して卵子を採取した。

#### (2) 卵胞発育処理区

発情周期の任意の時期の供試牛に腔内留置型黄体ホルモン製剤（シダー1900；ファイザー製薬、東京）と安息香酸エストラジオール製剤（オバホルモン；アスカアニマルヘルス株式会社、東京）2mgを筋肉内投与（0日目）し、4日目にFSH

（アントリンR10；共立製薬、東京）10AUを生理食塩水10mLに溶解して皮下投与し、6日目に直径3mm以上の全卵胞を吸引して卵子を採取した。

#### 4 卵胞数

OPU実施日の卵胞数は超音波画像診断装置（My Love One Vet；イザオテ、イタリア）で計数し、卵胞の直径により小卵胞（5mm未満）、中卵胞（5mm以上8mm未満）、大卵胞（8mm以上）に分類した。

#### 5 卵子採取と成熟培養

卵子採取は今井と田川（2006）の方法に従って行った。すなわち、供試牛に2%塩酸プロカイン溶液（ロカイン注2%；扶桑薬品工業、大阪）で尾椎硬膜外麻酔を施した後に、腔内に挿入したプローブで確認した卵胞を採卵針（COVA Needle；ミサワ医科工業、東京）で穿刺し、100mmHgの吸引圧で50-mLコニカルチューブに卵胞液を吸引採取した。吸引溶液は1%新生子ウシ血清（newborn calf serum、以下、NBS）と10IU/mLヘパリン（ヘパリンナトリウム注；味の素製薬、東京）を添加したリングル液（リングル注射液；日本全薬、東京）を用いた。採取した卵胞液はセルストレーナー（コーニング、米国）でろ過した後に、実体顕微鏡下で検索して卵子を採取した。

採取した卵子は緊密な卵丘細胞の付着する卵子を供用可能卵子とした。成熟培地はIVMD-101（機能性ペプチド研究所、山形）を用い、38.5℃、5%CO<sub>2</sub>、95%空気、湿度飽和の条件で22時間の成熟培養を行った。

#### 6 体外受精および体外培養

体外受精はMatoba et al. (2014) 及び秋山ら (2017) の方法により行った。すなわち、ホルスタイン種雄牛の凍結精液を融解し、パーコール液（45%および60%）に重層して遠心分離（740×g、10分間）し、沈き部分に媒精液（IVF-100；機能性ペプ

チド研究所、山形）を混合して再度遠心分離（540×g、5分間）し、最終精子濃度が5×10<sup>6</sup>/mLになるよう調整して精子ドロップを作成した。成熟培養後の卵子は精子ドロップ内で、38.5℃、5%CO<sub>2</sub>、95%空気、湿度飽和の条件で、6時間媒精した。媒精後の卵子はピペッティングにより裸化し、38.5℃、5%CO<sub>2</sub>、5%O<sub>2</sub>、90%N<sub>2</sub>、湿度飽和の条件で、発生培養液（IVD-101；機能性ペプチド研究所、山形）中で媒精後6日目まで、その後は10μM フォルスコリン、10μM リファンピシン、0.1μM システアミン塩酸塩及び5%NBSを添加したTCM199で8日目まで培養した。媒精後27時間に均等な2割球を有する正常卵割胚、48時間に2細胞期以上の卵割が確認された分割胚、7~8日目に胚盤胞期胚への発生状況を調査し、内部細胞塊の明瞭な胚盤胞期胚を高品質胚とした。

#### 7 OPU-IVF後の繁殖成績

OPU-IVFを実施した供試牛について外部兆候と直腸検査所見により発情を確認し、人工授精または胚移植を実施して受胎状況を調査した。

#### 8 統計処理

統計処理は、コンピューターソフトIBM SPSS Statistics（バージョン29.0.2.0、IBM Corp.、USA）を用いてt検定を行い、危険率5%未満（ $p < 0.05$ ）を有意差ありとした。卵子の採取率と胚の発生率は角変換後に検定を行った。

### 結果

表1に無処理区と卵胞発育処理区の卵子採取成績を示した。OPU時の卵胞数、採取卵子数、採取率及び供用可能率は両区間に有意差は認められなかったが、中卵胞数は卵胞発育処理区が有意に多かった（ $p < 0.05$ ）。図1に示すとおり各月齢の採取卵子数は無処理区が3.3~7.8個、卵胞発育処理区が3.4~6.8個であった。

表2に無処理区と卵胞発育処理区の胚生産成績を示した。媒精後27時間の正常卵割胚率は卵胞発育処理区が有意に多かった（25.5±4.5%、44.1±7.4%、 $p < 0.05$ ）。胚盤胞期胚数及び胚盤胞期胚率には有意差は認められなかったが、7日目胚率は卵胞発育処理区が有意に高く（30.0±15.3%、86.7±7.7%、 $p < 0.05$ ）、高品質胚率は高い傾向が認められた（20.0±13.3%、55.3±11.5%、 $p = 0.06$ ）。図2に示すとおり各月齢の胚盤胞期胚率は無処理区が13.3~22.5%、卵胞発育処理区が0.0~47.2%であった。卵胞発育処理区では9ヶ月齢で胚盤胞期胚が得られなかったが、他の月齢では胚盤胞期胚の発生が認められた。

表1 卵子採取成績

試験区		無処理区	卵胞発育処理区
頭数	頭	28	36
卵胞数	個	13.3 ± 1.0	15.0 ± 1.3
大 直径8mm以上	個	0.8 ± 0.2	0.9 ± 0.2
中 直径5~8mm	個	1.9 ± 0.2 <sup>a</sup>	4.1 ± 0.5 <sup>b</sup>
小 直径5mm未満	個	10.6 ± 0.9	10.0 ± 1.2
採取卵子数	個	5.3 ± 0.9	5.0 ± 0.6
採取率*	%	36.7 ± 5.0	35.3 ± 3.8
供用可能卵子数	個	3.2 ± 0.5	3.3 ± 0.5
供用可能率**	%	49.7 ± 7.1	52.9 ± 6.0

平均値±標準誤差、異符号間に有意差あり ( $p < 0.05$ )

\*採取卵子数/卵胞数

\*\*供用可能卵子数/採取卵子数

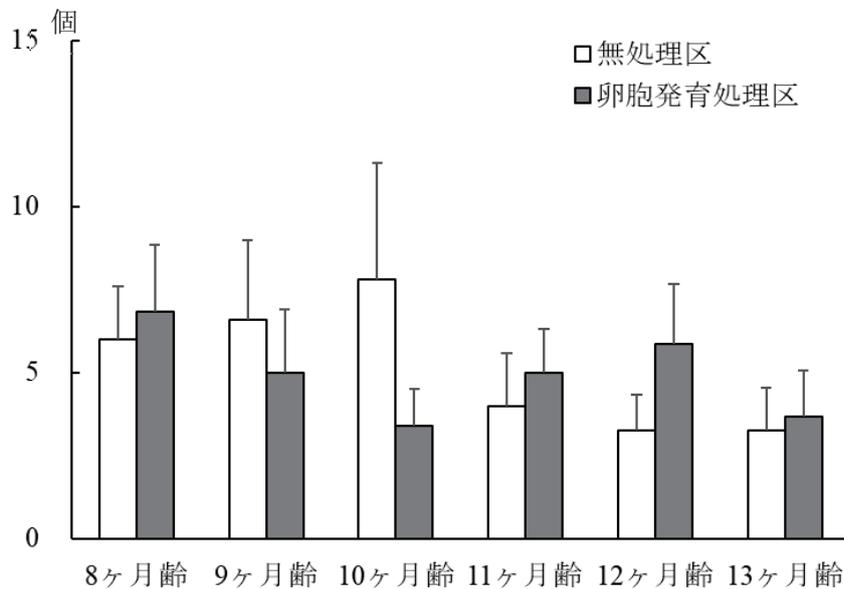


図1 各月齢の採取卵子数

表2 胚生産成績

試験区		無処理区	卵胞発育処理区
頭数	頭	20	26
培養卵子数	個	3.8 ± 0.5	3.9 ± 0.5
正常卵割胚率*	%	25.5 ± 4.5 <sup>a</sup>	44.1 ± 7.4 <sup>b</sup>
分割胚率**	%	62.3 ± 6.5	62.1 ± 7.7
胚盤胞期胚数	個	0.8 ± 0.2	1.1 ± 0.3
胚盤胞期胚率	%	21.1 ± 6.3	29.6 ± 7.0
7日目胚率	%	30.0 ± 15.3 <sup>a</sup>	86.7 ± 7.7 <sup>b</sup>
高品質胚率	%	20.0 ± 13.3	55.3 ± 11.5

平均値±標準誤差、同一項目の異符号間に有意差あり ( $p < 0.05$ )

\*媒精後27時間

\*\*媒精後48時間

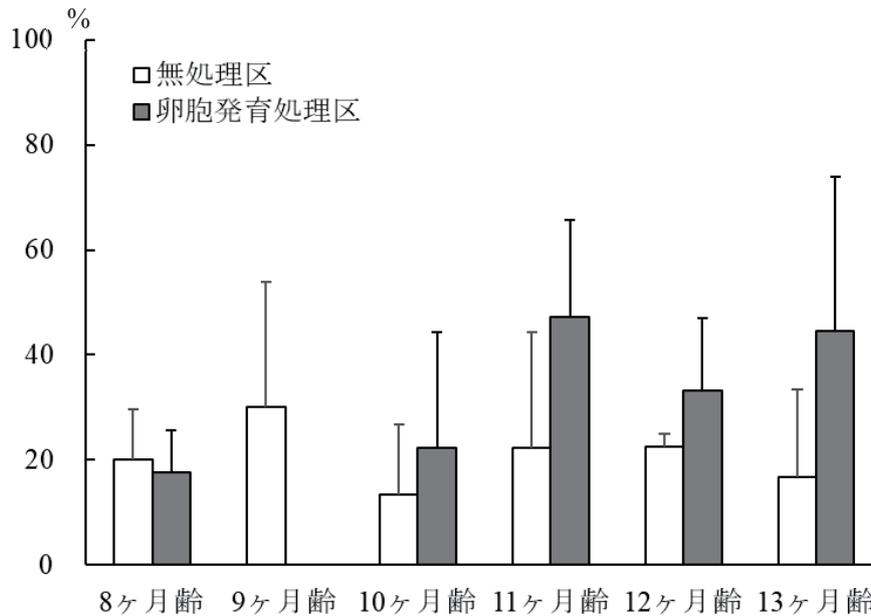


図2 各月齢の胚盤胞期胚率

表3 繁殖成績

試験区	無処理区	卵胞発育処理区
頭数	5	7
最終OPU月齢	12.9 ± 0.4	13.0 ± 0.2
初回授精月齢	14.2 ± 0.3	15.1 ± 0.3
受胎月齢	16.1 ± 1.2	16.3 ± 0.8
授精回数	1.6 ± 0.4	1.7 ± 0.2
平均値±標準誤差		

表3に無処理区と卵胞発育処理区のOPU-IVF後の繁殖成績を示した。OPU-IVF後の初回授精月齢、受胎月齢及び授精回数は両区の間には有意差は認められなかった。

### 考察

ホルスタイン種未経産牛に適したOPU-IVFの実施方法を検討するために、8ヶ月齢から13ヶ月齢の供試牛に反復してOPU-IVFによる胚生産を行った。

OPU-IVFによる未経産牛からの胚生産について、植田ら(2009)は11ヶ月齢の乳用種、田川と今井(2006)は6ヶ月齢の交雑種、Tagawa et al.(2009)は9ヶ月齢の黒毛和種で胚盤胞期胚の生産が可能であることを報告している。また、未経産牛に対する卵胞発育処理について、吉岡ら(2023)はFSH10AUの単回投与、太田ら(2025)はFSH30AUの漸減投与が黒毛和種未経産牛における卵胞直径の増加

と胚盤胞期胚の生産に有効なことを報告している。本研究では、卵胞発育処理区において中卵胞数と正常卵割胚率の有意な増加が認められたが、胚盤胞期胚数及び胚盤胞期胚率には差が認められなかった。

Sugimura et al. (2017)、高山ら(2017)は体外受精後の第一卵割の遅延や割球数などの初期発生の指標に異常のない胚において高い受胎率が得られることを報告している。本研究の卵胞発育処理区では正常卵割胚率が有意に高く、併せて7日目胚率及び高品質胚率が高い結果であった。このことから、未経産牛に対するFSHの単回投与の卵胞発育処理は、初期発生に異常が少なく、発育の早い受胎性の高い胚盤胞期胚の生産につながる可能性が示唆された。

本研究では卵胞発育処理区の9ヶ月齢において胚盤胞期胚が得られていないがその原因は明らかではない。そのほかの各月齢においては胚盤胞期

胚の生産が可能であり、これまでの報告（植田ら 2009、田川と今井 2006、Tagawa et al.2009）と同様に性成熟前の未経産牛が OPU-IVF による胚生産の対象として利用可能なことが確認された。

植田ら（2009）は 11 ヶ月齢の乳用未経産牛に 7 日間隔で反復して OPU-IVF を行うことで効率的な胚生産が可能なることを報告している。本研究では、8 ヶ月齢から 13 ヶ月齢の未経産牛に対して反復して OPU-IVF による胚生産が可能なることが確認された。しかし、1 回当たりの培養卵子数は 3～4 個程度、体外受精後の胚盤胞期胚数は 1 個程度であり、同様の卵胞発育処理を行った経産牛の成績（培養可能卵子数 12.7 個、胚盤胞期胚数 2.8 個、湯本ら 2025）に比べて少なく向上が望まれる。吉岡ら（2023）、宮下ら（2024）及び太田ら（2025）は、黒毛和種未経産牛で月齢、FSH 投与量及び投与方法により胚生産に対する効果が異なることを報告しており、ホルスタイン種未経産牛においても胚生産成績の向上につながる卵胞発育処理の更なる検討が必要と考えられた。

本研究において反復して OPU-IVF を実施した供試牛の繁殖成績は、試験区による差は認められず全頭の受胎が確認され、卵胞発育処理及び OPU-IVF の反復が未経産牛の繁殖成績に与える影響は少ないものと考えられた。

これらのことから、8 ヶ月齢から 13 ヶ月齢のホルスタイン種未経産牛に対して OPU-IVF による胚生産が可能であり、FSH10AU の単回投与による卵胞発育処理が初期発生に異常の少ない高品質胚の生産につながる可能性が示唆された。

## 引用文献

- 秋山清、坂上信忠、中川浩、瀬田剛史、河合愛美、長井誠、林みち子、的場理子、稲葉泰志、松田秀雄、今井敬、下司雅也. 2016. 多排卵処理後に採取した卵胞内卵子と性選別精液の体外受精によるウシ性判別胚の生産. 日本畜産学会報 87, 107-113.
- 今井敬、田川真人. 2006. OPU-IVF によるウシ胚の作出、その効率と汎用性. 日本胚移植学雑誌 28, 29-35.
- 金田義之. 2019. 生産現場における OPU-IVF によるウシ胚生産と課題について. 日本胚移植学雑誌 41, 53-58.
- Matoba S, Yoshioka H, Matsuda H, Sugimura S, Aikawa Y, Ohtake M, Hashiyada Y, Seta T, Nakagawa K, Lonergan P, Imai K. 2014. Optimizing production of in vivo-matured oocytes from superstimulated Holstein cows for in vitro production of embryos using X-sorted sperm. *Journal of Dairy Science* 97, 743-53.
- 宮下覚司、吉岡一、太田千尋、神田沙織、山本悠ノ介、的場理子. 2024. 卵胞発育処理法を用いた黒毛和種若齢牛における経時的な OPU-IVF 成績の検討. 第 8 回日本胚移植技術研究会講演要旨集 28.
- 及川俊徳、板橋知子、沼邊孝. 2017. 黒毛和種における pFSH 投与方法および卵胞ウェーブ制御が生体内卵子吸引-体外胚生産 (OPU-IVP) 成績に及ぼす影響. 東北畜産学会報 66:3, 57-64.
- 太田千尋、山本悠ノ介、宮下覚司、神田沙織、北山翔一、吉岡一、的場理子. 2025. 黒毛和種若齢牛の OPU-IVF 成績に及ぼす卵胞発育処理の影響. 第 118 回日本繁殖生物学会大会講演要旨集 j98.
- Sugimura S, Akai T, Imai K. 2017. Selection of viable in vitro-fertilized bovine embryos using time-lapse monitoring in microwell culture dishes. *Journal of Reproduction and Development* 63: 353-357.
- 田川真人、今井敬. 2006. OPU-IVF によるウシ胚の作出、その効率と汎用性. 日本胚移植学雑誌 28, 29-35.
- Tagawa M, Matoba S, Okada M, Metoki K, Imai K. 2007. Developmental competence of oocytes selected by the brilliant cresyl blue staining in prepubertal and adult cattle. *Reprod Fertil Dev* 19: 273-274 (Abstr).
- 高山茉莉、今井敬、森好政晴、堂地修. 2017. ウシ体外受精由来胚の卵割形態が胚の発育および新鮮胚移植の受胎率に及ぼす影響. 日本胚移植学雑誌 39:2, 73-80.
- Taynan Stonoga Kawamoto, João Henrique Moreira Viana, Thais Preisser Pontelo, Maurício Machaim Franco, Otávio Augusto Costa de Faria, Andrei Antonioni Guedes Fidelis, Luna Nascimento Vargas, Ricardo Alaminio Figueiredo. 2022. Dynamics of the Reproductive Changes and Acquisition of Oocyte Competence in Nelore (*Bos taurus indicus*) Calves during the Early and Intermediate Prepubertal Periods. *Animals* 12(16), 2137.
- 轟木淳一. 2006. 経膈採卵(OPU)技術の現場への実用化に向けて. 日本胚移植学雑誌 28 : 1, 44-47.
- 植田郁恵、沼邊孝、阿部忠宏、早坂駿哉、阿部玲佳. 2009. 乳用育成牛の生体内卵子吸引 (OPU)

による高能力雌子牛の増産. 東北農業研究成果情報

吉岡一、松田秀雄、宮下覚司、村岡浩実、太田千尋、神田沙織、芦野大地、畠山湧生、中原大輝、菊地隆、的場理子. 2023. 黒毛和種若齢牛における OPU-IVF 胚の生産方法の検討. 第 7

回日本胚移植技術研究会講演要旨集 29.

湯本森矢、浅川祐二、近田邦利、森村裕之、坂上信忠、秋山清. 2025. 生体内卵子吸引技術 (OPU) によるホルスタイン種雌牛の胚生産の野外試験. 神奈川県畜産技術センター研究報告 5, 7-13.

## 神奈川県における子実トウモロコシ生産の導入に向けた 実証栽培と課題整理

白石葉子・勝呂ゆりか・飯島智大<sup>1</sup>・堀口昌秀<sup>1</sup>・折原健太郎  
(<sup>1</sup>神奈川県畜産課)

Demonstration Cultivation and Challenges for Introducing Grain Corn Production in Kanagawa Prefecture

Yoko Shiraiishi, Yurika Katsuro, Tomohiro Iijima, Masahide Horiguchi, Kentaro Orihara

神奈川県における子実トウモロコシ生産導入の基礎的検討として、実証栽培ほ場において栽培から収穫、乾燥、粉碎および給与までの一連の工程を実施し、収量、品質、生産費および残渣成分を調査した。収量は 972kg/10a（水分 15%換算）であり、一般成分値は日本標準飼料成分表と同程度で、かび毒は飼料安全法に基づく基準値を下回った。機械費を除く生産費は 71,025 円/10a、73.1 円/kgであった。収穫残渣の乾物量 1,037.0kg/10a から、一定量の有機物が土壌へ還元されることが推定された。一方、県内に常設の子実収穫機がないこと、乾燥・粉碎工程の体制整備が必要であること、生産費および価格形成の整理が求められることが、現地へ導入するにあたっての主要課題として抽出された。

キーワード：子実トウモロコシ、神奈川県、実証栽培、生産費、収量

わが国の飼料自給率は 28%であり、その内訳は粗飼料は 80%、濃厚飼料は 13%となっている（農林水産省畜産局飼料課、農林水産省消費・安全局畜産安全管理課 2026）。トウモロコシは、配合飼料や混合飼料の原料として 50%程度を占めており、そのほとんどをアメリカやブラジルからの輸入に依存しているが、近年は耕種農家では水田の有効活用、輪作体系での他の作物の収量の改善、省力化等、畜産農家では家畜ふん尿の還元、国産飼料を活用した生産物の差別化等のメリットにより年々生産が増加しており、導入可能性や生産体制の構築に関する整理が進められている（農林水産省畜産局飼料課 2026）。国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（以下、「農研機構」）は、「子実用トウモロコシ 生産・利活用の手引き（都道府県向け）第 1 版、第 2 版」を刊行し、現場への技術導入を後押ししている（農研機構 2025）。

神奈川県においても、飼料価格の高騰や輸入依存度の高さを背景に、県内で安定的に確保可能な飼料資源の検討を進めている。また、農地利用の高度化および未利用農地の有効活用の観点

からも子実トウモロコシの導入条件を整理することは一定の意義がある。飼料資源の確保において、飼料作物栽培については、これまで県内では酪農経営による青刈りトウモロコシを中心とした栽培・利用が主流であり、子実収穫を前提とした栽培・調製体系の現地事例はなかった。そのため、子実トウモロコシの栽培・調製に関する基礎的知見や、県内生産を見据えたほ場条件下での実用性については、十分に整理されていない状況であった。

そこで、県内での子実トウモロコシ生産の可能性を検証する第一段階として、実証栽培ほ場を設置して栽培から収穫を行うとともに、乾燥、粉碎、家畜への給与までを一連で実施し、各工程の実施時期、作業方法および留意点を整理した。さらに、耕種農家、畜産農家、関係機関との情報共有および意見交換を通じて、現場導入を想定した課題整理を行った。本報では、本取組の概要および得られた結果を整理し、本県における子実トウモロコシ導入に向けた基礎的知見として報告する。

## 栽培・調製の概要

一連の取組について図1に示した。本取組は、前述の農研機構刊行の手引き（都府県向け）第2版（農研機構 2025）を参考にして実施した。

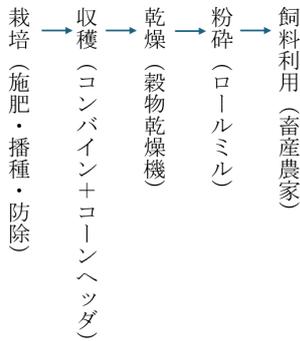


図1 子実トウモロコシの生産・利用工程

## 1 耕種概要

実証栽培の概要を表1に示した。栽培は、神奈川県畜産技術センターで飼料生産に利用しているほ場（神奈川県海老名市、面積34a）で実施した。前作は、2024年にエンバクを栽培し、同年12月に収穫した。

2025年4月8日に、パイオニア110日(RM110)を栽培密度7,400本/10aで播種した。6月16日に絹糸抽出期となり、絹糸抽出期から65日後の8月20日に収穫した。

肥料使用量について表2に示した。肥料は、2025年1月に家畜ふん堆肥を5t/10a、苦土石灰を60kg/10a施用した。基肥は、窒素、リン酸、カリを10aあたり各20kg施肥するため、化成肥料(14-14-14)を143kg/10a施用した。

表1 実証栽培の概要

項目	内容
実施場所	神奈川県畜産技術センターほ場（神奈川県海老名市）
栽培面積	34a
品種	パイオニア110日（RM110）
播種日	2025/4/8
絹糸抽出期	2025/6/16
収穫	2025/8/20
栽培日数	134日

表2 肥料使用量（10aあたり）

区分	施用量	備考
家畜ふん堆肥	5 t	
化成肥料(14-14-14)	143 kg	窒素、リン酸、カリ 各20kg
苦土石灰	60 kg	

表3 農薬使用量（10aあたり）

区分	品名	使用量	使用方法
鳥害忌避剤	キヒゲン R-2 フロアブル	50ml	播種時、種子塗布
除草剤	ゲザノンゴールド	200ml	播種直後、土壌処理
殺虫剤	プレバソフフロアブル5	50ml	絹糸抽出後15日、無人航空機による散布

## 2 雑草、害虫防除

農薬使用量を表3に示した。雑草対策として播種直後に土壌処理剤を散布した。また、害虫対策は絹糸抽出後15日に実施したが、草丈が2m以上となりトラクター散布が困難なため、民間事業者へ委託し無人航空機による散布を行った。

## 3 収穫

収穫は完熟期に実施した。子実トウモロコシの収穫に対応した、子実コーンヘッド（CHD1200、株式会社クボタ）を装着した普通型コンバイン（DRH1200、株式会社クボタ）を用いて収穫した。

#### 4 収穫物の調製

収穫後、速やかに、穀物乾燥機（GSL130、井関農機株式会社）を用いて乾燥調製を実施した。全収穫物 3.4t を 2 回に分けて乾燥機へ投入し、穀物水分計（PM-650、株式会社ケツト科学研究所）により収穫物の水分を確認し、水分低下が認められなくなった時点で調製終了とした。粉碎は飼料米破砕機（DHC-4000、株式会社デリカ）を用いて処理を行い、鶏用及び牛用として粒度調整した。なお、豚用としては、供給先の畜産農家の対応により行った

#### 5 工程全体の整理

これら一連の工程を通じて、県内条件下における作業体系および留意点を整理し、実証に向けた課題を確認した。

### 結果（栽培・収穫・調製）

#### 1 収量

収量調査の結果を表 4 に示した。収穫時の実収量は、ほ場全体で 3,582kg であり、10a あたりで原物では 1,054kg、乾物では 826 kg であった。

表 4 子実トウモロコシ収量

区分	ほ場全体 (kg)	10a あたり (kg)
収穫時 (21.6%水分)	3,582	1,054
15%水分換算	3,304	972
乾物量	2,808	826

表 5 子実水分の変化<sup>1</sup>

区分	水分 (%)
収穫時	21.6
乾燥後	9.8

<sup>1</sup> 収穫物 3.4t を 2 回 (1.7t/回) に分けて乾燥、17 時間/回

表 6 収穫時子実に含まれる夾雑物<sup>1</sup>

粒径区分	子実重量 (g)	夾雑物重量 (g)	夾雑物割合 (%)
2mm 未満		1.2	
2-6mm	60.6	0.5	
6mm 以上	3,506.9	3.9	
合計	3,567.5	5.4	0.15

<sup>1</sup> 収穫時、収穫機械のタンクから計 4 回 (約 900g/回) サンプルングし、粒径区分を 3 段階に篩分けして、重量を測定した

これを水分 15% に換算すると 10a あたり 972kg となる。

#### 2 品質

収穫後の子実について品質調査を行った。

乾燥工程における水分の変化を表 5 に示した。収穫時の水分は 21.6% であり、乾燥処理後には 9.8% まで低下し、飼料保管に適した水分条件まで調整することができた。なお、乾燥を終了とした時間は 1 回あたり約 17 時間だった。

収穫物に含まれる夾雑物割合は 0.15% であり、その内容は穂軸の小片であった (表 6)。

子実の乾物中の飼料成分値を表 7 に示した。粗タンパク質 9.5%、粗脂肪 3.3%、デンプン 70.0% であり、日本標準飼料成分表 (農研機構 2010)、農研機構刊行の手引き (都府県向け) 第 2 版に掲載された値 (農研機構 2025) と同程度であった。また、カビ毒の分析結果を表 8 に示したが、飼料の安全性の確保及び品質の改善に関する法律 (以下、飼料安全法) 第 23 条第 1 号による管理基準を超える値は検出されなかった。

表7 飼料成分値（乾物中%）

項目	実証栽培	参考 <sup>1</sup>	参考 <sup>2</sup>	
			国産	米国産
粗タンパク質	9.5	8.8	8.4	8.8
粗脂肪	3.3	4.4	4.0	3.8
デンプン	70.0		69.0	71.9

<sup>1</sup> 日本標準飼料成分表（農研機構 2010）

<sup>2</sup> 子実トウモロコシ生産・利活用の手引き（都府県向け）第2版

表8 かび毒分析値（mg/kg）

項目	実証栽培	管理基準 <sup>1</sup>
アフラトキシン B1	検出せず	0.02
デオキシニバレノール	検出せず	牛 4、豚・鶏 1
ゼアラレノン	検出せず	1
フモニシン（B1+B2+B3）	0.696	4

<sup>1</sup> 飼料安全法第23条第1号による管理基準

### 3 生産費用

本取組に要した経費の内訳を表9に示した。栽培から乾燥までの経費の合計は、10a当たり71,025円であり、水分15%換算の収量972kg/10aから試算すると子実1kg当たり73.1円となった。費用構成では、肥料費が構成比28%と最も高く、19,975円であった。なお、本試算は資材費および労働費を中心とした概算であり、機械費は含めていない。

#### 4 収穫後土壌性状

収穫後2か月間の栽培ほ場における土壌性状の推移について、水分、灰分、全炭素、全窒素、ADF、pHおよびECを調査した結果を表10に示した。調査期間中、各項目に特徴的な変動は認められなかった。なお、本結果は収穫後の経時観察であり、収穫前データを欠いている。

また、収穫残さの成分分析結果およびほ場への有機物投入量を表11に示した。収穫残さの乾物量は10a当たり1,037kgであり、子実収穫後に一定量の有機物がほ場へ還元されることが確認された。

### 農家との情報共有・意見交換

本取組では、実証栽培および調製の実施や勉強会を通じて、耕種農家（露地野菜主体経営1戸、米麦大豆主体経営1戸、麦大豆主体経営1戸）および畜産農家との情報交換を行い、現場視点での意見収集を行った。

#### 1 畜産農家

畜産農家3戸（A～C）に対し、子実トウモロコシを提供し、給与時の状況や子実トウモロコシ利用意向および価格に関する聞き取りを行った。また提供先の畜産農家の他、1戸（D）から利用意向及び価格について、聞き取りを行った（表12）。なお、本結果は事例的聞き取りに基づくものであり、県内全体を代表するものではない。

給与時の状況について、A～Cいずれも嗜好性や生産性について大きな問題は認められず、利用可能性が確認された。一方で、子実トウモロコシに対する品質面、特にカビの発生については懸念が示され、安定した乾燥および調製管理の重要性が指摘された。

表9 子実トウモロコシ生産費用（10aあたり、円）

区分	金額	構成比%	備考
種苗費	6,343	9	
肥料費	19,975	28	
農薬費	3,661	5	
電気代	921	1	穀物乾燥機
燃料代	6,876	10	
労働費	18,250	26	2,500円/時間
諸材料費	15,000	21	フレコンバック
合計	71,025		
収穫物1kgあたり	73.1		収穫物972kg/10a

表 10 収穫後 2 か月間における土壌性状の推移（乾物中）

採材日	収穫後日数	水分 (%)	灰分 (%)	全炭素 (%)	全窒素 (%)	C/N 比 <sup>1</sup>	ADF (%)	pH	EC (mS/cm)
9月1日	11日	18.1	71.9	42.6	0.7	57.2	11.0	6.8	0.10
9月16日	26日	15.0	73.0	45.8	0.8	60.7	11.7	7.2	0.08
9月30日	40日	16.6	72.5	41.8	0.7	57.9	11.0	6.7	0.11
10月14日	54日	17.9	72.4	41.8	0.7	58.0	11.5	6.8	0.10

<sup>1</sup>C/N 比は全炭素および全窒素から算出

表 11 子実トウモロコシ収穫残さによる有機物投入量と成分割合

乾物量 (kg/10a)	灰分 (%)	全炭素 (%)	全窒素 (%)	C/N 比	ADF (%)
1,037	11.9	45.3	0.8	58.9	41.3

表 12 畜産農家概要と取引価格意向

畜産農家	畜種	規模	直売有無	エコフィード利用	機械施設（飼料給与関連）
A	採卵鶏	600羽	有	有	なし
B	養豚	母豚 500頭	有	有	粉碎機、攪拌機、運搬車両、保管場所
C	肉牛	肥育牛 80頭	有	有	攪拌機、運搬車両、保管場所
D	養豚	母豚 600頭	有	有	粉碎対応可、攪拌機、保管場所

畜産農家	子実トウモロコシ給与	取引価格意向
A	実施	慣行飼料と同水準
B	実施	市販トウモロコシと同水準
C	実施	慣行飼料と同水準
D	—	高価格でも検討可（但し、限定的利用）

価格面では、給与している主要飼料と同程度の価格であれば導入を検討できるとの意見が示された。具体的には、飼料としての品質が同等であることを前提に、市販トウモロコシと同程度の価格帯であれば購入を検討できるとの認識が示され、価格水準が導入判断に影響することが確認された。

さらに、畜産農家 B との意見交換では、一時的なスポット的な利用よりも、一定量を継続的に供給できることが、畜産物の高付加価値化を図る上では重要であるとの意見が示された。このことから、価格水準のみならず、供給量や供給時期の見通しが導入判断に影響する要素でもあることが明らかとなった。

対して、畜産農家 D との意見交換においては、供給量が限定的である場合、生産コストに見合っ

た価格であっても導入を検討できるとの認識が示された。これは、輸入飼料を主に利用する養豚経営において、利用量が経営全体の一部にとどまる場合には、価格差は経営全体として吸収可能であるとの考え方によるものであった。

以上のことから、価格に対する認識には幅があり、価格評価は単純な単価比較のみではなく、利用規模および供給安定性との関係で判断される傾向が示唆された。

## 2 耕種農家

耕種農家との情報交換では、耕作放棄地対策や作物の選択肢の一つとして子実トウモロコシに関心が示された。一方で、ほ場の規模や形状、立地条件、機械の進入可否、作業負担、販売先の確保といった点については、導入にあたっての課題と

して挙げられた。特に、販売価格や取引条件が明確でないとして作付け判断が難しいとの意見が聞かれ、生産側・利用側双方の条件整理や、支援体制を明示する必要性が示された。

これらの意見交換を通じて、子実トウモロコシの県内導入にあたっては、栽培技術の整理に加え、品質管理、価格設定、供給体制を一体的に検討することが重要であることが確認された。

### 考察および課題

本取組により、県内条件下における子実トウモロコシの栽培および調製について作業体系や留意点を整理し、生産および利用の可能性を確認した。一方で、県内導入に向けては、地域条件、経済性、作業体制および持続性の観点から整理する必要がある。

#### 1 地域条件

全国的には子実トウモロコシは水田の転作作物として導入される事例が多く、水田条件下では湿害対策や排水対策など栽培基盤に関する技術的課題が指摘されている（田仲 2025）。しかし、本県では、水田面積が限られる地域性のもと、主食用米の需要が比較的高い都市近郊地域であることから、水田の転作作物として利用する経済的な動機付けや有利性は全国の主産地と比較して相対的に小さく、水田転作を前提とした子実トウモロコシ導入は成立しにくいと考えられる。

そのため、本県での導入検討においては、水田転作を主とした導入モデルではなく、畑地での栽培や未利用農地の活用など、地域条件に即した生産体系を前提として検討する必要がある。また、水田転作を対象とした交付金制度活用が難しい場合も想定されることから、経済性の評価においても地域条件を踏まえた検討が重要となる。

#### 2 経済性（生産費用や販売価格）

本取組では、資材費を中心とした生産費用を試算した。その結果、堆肥利用の有無、化学肥料投入量、乾燥条件、収穫機械を始めとする使用機械の手配等の条件によって生産費用が大きく変動する可能性がある。

なお、本試算は資材費を中心としており、機械費を含めた経済性評価は今後の課題である。今後は耕種農家ほ場での検証を通じ、費用構造および価格水準との整合性を精査する必要がある。

また、畜産農家からの聞き取り結果から、価格評価は単純な市販穀物との単価比較だけでなく、利用規模および供給安定性との関係で判断される可能性が示された。特に利用量が経営全体の飼料

利用のごく一部にとどまる場合には、一定の価格差は吸収可能とする考え方も確認されるなど、価格に対する認識の多様性が示された。このことから、輸入飼料価格の情勢を踏まえた価格競争力のみを追求するのではなく、県内生産ならではの品質の確実性や、供給の見通し、利用の規模を評価の基準とする価格設定の検討が必要である。

#### 3 作業体制（収穫・調製工程）

実証栽培により、収量および品質は一定水準を確保できたが、収穫・乾燥・粉碎の各工程はいずれも暫定的な体制により実施された。

収穫工程は、自走式収穫機を用いたが、現行体制では県内に常設の収穫機械が整備されておらず、実証栽培ではメーカーのデモンストレーション機を活用した。現場導入を見据えた場合、収穫機械の安定的な確保体制の整備が課題である。

乾燥工程は、当センター保有設備により対応したが、農家所有の乾燥設備の活用可能性を検討したところ、既存の作業ラインへの組み込みが困難なことや、コンタミネーション防止の観点から、利用が容易ではないことが確認された。これには、飼料用途に適した乾燥・保管方法を含めた調製体制の整理が必要である。

粉碎工程についても、本取組においては、農研機構畜産研の協力を得て、飼料米用に開発された機械によって粉碎処理を行った。飼料利用するには、粉碎工程は必要な工程であるが、現時点において、処理拠点の確保は一部の畜種に限定されている状況である。

このように、飼料化に至る過程で機械設備の利用に制約があり、このことは、栽培技術としては成立していても、収穫機械や乾燥設備などの作業体制が整備されていないと、現場導入が容易ではないことを示している。子実トウモロコシの現場導入には、栽培技術の確立だけでなく、収穫から飼料調製の工程全体について、機械確保や処理体制といった工程全体の設計が不可欠であり、作業の効率化の検討と併せて関係する担い手間の役割分担を含めた体制づくりが必要である。

#### 4 持続性（環境・土壌管理）

子実収穫体系における持続性を検討するため、収穫後2か月間にわたり土壌性状を観察したが、観察期間中においては調査項目に大きな変動は認められなかった。収穫時の残渣量は乾物量で1,037 kg/10aであり、これが還元されることから、土壌への有機物供給源として一定の役割を果たす可能性がある。一方で、C/N比は高く、土壌中での有機物の分解は緩やかに進むと考えられる。

以上の結果を踏まえると、本調査は単年度の観察であり、収穫前のデータを取得していないため、土壌性状への影響を評価するには継続的な検証が必要である。ただし、本実証の観察範囲においては、土壌性状を大きく変化させる兆候は認められなかった。

子実トウモロコシを耕畜連携モデルの一環として持続的に導入するためには、収量や経済性のみならず、輪作体系への位置づけや、地域に合った作付体系への導入で、有機物還元を通じた土壌管理の評価をすることが重要である。既報では、子実トウモロコシは収穫後に還元される残渣により、土壌の物理性改善や作土層の改良に寄与する可能性が報告されている（小川 2020）。本取組においても、収穫時の残渣が土壌への有機物供給源としての役割を果たすことが示唆された。また、若島ら（2025）は、神奈川県三浦半島地域の畑作体系におけるダイコンと子実トウモロコシの二毛作の栽培方法について報告しているが、ここでは、ほ場へ有機物を還元する換金緑肥作物としての利用を期待し、畑作地域における作付体系の一つとしての可能性を示している。これらの知見を踏まえると、子実トウモロコシを単一作物として導入するのではなく、畑地における輪作体系への位置づけや農地保全の手法として、残渣還元による緑肥効果を含めた土壌管理の観点から導入方法を検討することが重要と考えられる。特に都市近郊地域である本県では、畑作条件や農地規模を踏まえた地域条件に適合した生産体系や管理体系として整理していく必要がある。

### 今後の展開

以上の考察を踏まえ、本県における子実トウモロコシ導入については、耕種農家での実証栽培を進めつつ、本取組で抽出された経済性、作業体制および持続性に関する課題を整理しながら検証を進める。

#### 1 経済性の検証と価格条件の整理

栽培ほ場で得られた資材費の試算を基礎資料とし、耕種農家における実証栽培に要する労働費及び機械費を含めた費用を把握し、栽培条件や調製条件に応じた費用変動の要因を整理する。

また、畜産農家との意見交換を継続しつつ、供給量や利用規模に応じた価格設定の考え方を整理する。

#### 2 作業体制の検討

耕種農家での実証栽培を通じて、当センターの栽培ほ場とは異なる条件下での生産性を検証する。

また、子実収穫に対応した収穫機械の確保方法や乾燥・粉碎工程を含めた作業体系の整理を進めるとともに、畜産農家側が担う作業工程の可能性についても検討する。安定的な取組のためには、関係する担い手による実行可能な作業体制の構築が求められる。

#### 3 持続的な耕畜連携モデルの構築

子実トウモロコシの導入は、耕畜連携による地域内資源循環の一環として位置づける必要がある。都市近郊農業が展開される本県では、水田転作が難しいため、畑地条件に適合した導入モデルの検討が重要である。また、地域の主要作物との組み合わせや農地保全を目的とした作付体系における子実トウモロコシの位置づけを明確にし、未利用農地の活用および県内飼料資源の確保につなげる必要がある。

以上のように、耕種農家および畜産農家双方が取り組みやすい条件を整備し、供給量や品質管理を含めた供給体制を構築することで、子実トウモロコシを活用した耕畜連携モデルの構築が期待される。本取組で整理した知見は、畑地利用を前提とした子実トウモロコシ導入の検討に資する基礎資料となると考えられる。今後は、地域条件に適した生産体系および供給体制の構築に向けて継続的な検証を進める必要がある。

### 謝辞

実施にあたり、子実収穫機のデモンストレーションに御協力いただいた、株式会社関東甲信クボタに深謝する。また、粉碎処理を中心として一連の作業工程において技術的支援をいただいた農研機構畜産研究部門畜産飼料作物研究領域飼料生産グループ阿部佳之グループ長、住田憲俊上級研究員、松尾守展上級研究員に感謝申し上げる。さらに、本取組の検討に際し、専門の見地から助言を賜った山形大学の浦川修司名誉教授に深謝する。加えて、現地事例の紹介や技術的助言をいただいたサナテックシード株式会社の堀ノ内郁氏に感謝申し上げるとともに、栽培ほ場の確認や意見交換に御協力いただいた県内耕種農家ならびに畜産農家の皆様、関係部署各位に謝意を表する。

### 引用文献

- 農研機構. 2010. 日本標準飼料成分表(2009年版). 80. 中央畜産会. 東京.
- 農研機構. 2025. 子実トウモロコシ生産・利活用の手引き（都府県向け）第2版. [https://www.naro.go.jp/publicity\\_report/publication/files/0fb8](https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/files/0fb8)

5579a6abdc1383c75e4ce45cfc7f.pdf [2026年3月3日参照]

農林水産省畜産局飼料課. 2026. 濃厚飼料をめぐる情勢.

農林水産省畜産局飼料課, 農林水産省消費・安全局畜産安全管理課. 2026. 飼料をめぐる情勢(データ版). [https://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/l\\_siryo/attach/pdf/index-1493.pdf](https://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/l_siryo/attach/pdf/index-1493.pdf)[2026年3月3日参照]

小川仁・矢野景子. 2020. 飼料用トウモロコシの作付けとイアコーン収穫後の残渣すき込みが水田転換畑の土壌物理性および化学性に及ぼす効果. 徳島農技セ研報No.7、23-29.

田仲絢子. 2025. 国産飼料としての子実用とうもろこし—現状と課題—. 調査と情報—ISSUE BRIEF—No.1326. 国立国会図書館 <https://dl.ndl.go.jp/view/prepareDownload?itemId=info:ndljp/pid/14346526> [2026年3月3日参照]

若島亜希子・喜多浩一郎・竹本稔・折原健太郎. 2025. 神奈川県三浦半島地域におけるダイコンと子実トウモロコシの二毛作の栽培方法の検討. 日草誌 71 別号、54.

【場外掲載論文】

- 1 半澤恵、折原健太郎、千葉恭平. 2026. 競走馬の赤血球浸透圧脆弱性（EOF）に及ぼす運動および脾臓機能の影響.東京農業大学農学集報 70(3・4), 37-46.

/

(下線は当所職員)

【学会発表】

学会名	発表年月	発表者・共同研究者	演題名
日本畜産学会 133 回 大会	2025 年 9 月	<u>湯本森矢</u> 、折原健太 郎	給与飼料の影響を考慮した肉用牛の消化管 内発酵由来メタン排出量の推定方法
第 9 回日本胚移植技 術研究会	2025 年 10 月	<u>湯本森矢</u> 、坂上信 忠、秋山清（共同発 表）	マイクロ流体デバイスにより選別捕集した ウシ精子による OPU-IVF 胚の生産
第 124 回日本養豚学 会大会	2026 年 3 月	<u>中原祐輔</u> ・折原健太 郎（共同発表）	輻射式冷房を応用した授乳期母豚の暑熱対 策
第 124 回日本養豚学 会大会	2026 年 3 月	中原祐輔（共同発 表）	ブタ精液の保存条件の違いが equatorin の 検出率および体外受精後の受精率に及ぼす 影響

(下線は発表者)