

氏 名 (本籍)	さら 皿	しま 嶋	まさ 正	お 雄 (栃木県)
学位の種類	農	学	博	士
学位記番号	農	第	65	号
学位授与年月日	昭和47年10月12日			
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当			
最終学歴	昭和24年3月 宇都宮農林専門学校卒業			
学位論文題目	飼料用創成ナプスの育成に関する研究			

	(主 査)			
論文審査委員	教授	角田 重三郎	教授	輪 田 潔
			教授	堀 裕

# 論文内容要旨

細胞遺伝学などの発展によって、既存する種 (Species) の中には、その進化過程において2つまたはそれ以上の種が交雑し、複2倍体化した形の種となっているものがあり、またこのような複2倍体型の植物は、人為的な交雑からもつくり得ることか明らかになっている。このような人為的な種間交雑によって、新たに複2倍体型植物をつくる手法は、従来にはない遺伝的特性をもった新しい型の作物を育成する上で期待されている。

Brassica 属における飼料用創成ナブスは、*B. campestris* 群 ( $n=10$ ) と *B. oleracea* 群 ( $n=9$ ) 間の人為的な種間交雑によって育成されたものであり、自然交雑に由来する既存のナブス (*B. napus*) の系統に比し、青刈作物としてすぐれた特性を持っている。しかしながら、雑種後代の変異性などが十分に明らかにされず、系統の育成やその採種の方法が確立されるまでにはいたらなかった。

本報告は、主として *B. campestris* と *B. oleracea* の雑種後代における種子稔性の推移を染色体構成の変異と平行して観察し、また開花期についての早晩性、生草量などの重要生産形質の変異性や雑種強勢の程度を世代を追って追跡し、青刈飼料作物としての適性にそった系統の育成と、その採種方法の確立について解明したものである。なお本論文中の創成ナブスとは、*B. campestris* 群 ( $n=10$ ) と *B. oleracea* 群 ( $n=9$ ) との間で人為的に交雑して得た植物の中で、既存ナブス種 (*B. napus*) と同じ  $2n=38$  の染色体数をもつ植物、およびその後代をさすものである。

## 1 *B. campestris* 群 ( $n=10$ ) と *B. oleracea* 群 ( $n=9$ ) との交雑

供試材料には *B. campestris* 群の5亜種23品種と、*B. oleracea* 群の3変種8品種を用い、1950-1970年の間に交雑を行なった。交雑結果は表1に示される。

表1 *B. campestris* 群と *B. oleracea* 群の交雑結果 (本文表 I-3-1~2 の要約)

組み合わせ	交雑花数 (A)	雑種数 (B)	雑種成功率 (B/A×100)	交雑年	交雑場所
2X×2X $n=10 \times n=9$	10341	4	0.04	1950-60	圃場
4X×2X $n=20 \times n=9$	154	1	0.65	1957	"
2X×4X $n=10 \times n=18$	485	0	0.00	1960	"
4X×4X $n=20 \times n=18$	525	0	0.00	1959-60	"
小計 (1950-60)	11505	5	0.04		
2X×2X $n=10 \times n=9$	5667	26	0.46	1964-70	硝子室, ビニールハウス

交雑成功率は、母本植物を直接圃場に栽培し、そこで開花をまって交雑した場合（1950—1960）はきわめて低く（0.04%）、母本植物を鉢栽培し、硝子室・ビニールハウスで越冬し植物体の生育を制御しながら交雑した場合（1964—1970）は前者よりも高い（0.46%）。この結果から交雑の成否は、母本植物の栽培条件や、受粉後の外部環境（とくに温度）と関連をもっており、母本植物の成育を人為的に抑制し、受粉から受精胚の初期生育の段階で比較的低温（15—18℃）環境を与えることによって、交雑成功率を高め得ることが示唆された。

## 2 種間雑種第1代植物

種間雑種植物は、両親植物の種名の頭文字からCOと呼称し、第1代は $F_1$ とし、 $F_1$ 植物の染色体数を倍加した個体および後代は、 $A_1$  (Artificial amphidiploid 1st generation)  $A_2$ ……と称した。

CO  $F_1$ 植物は、根端の体細胞染色体数を観察すると、31個体中 $2n=19$ が23個体、 $2n=28$ が6個体、 $2n=29$  38は各1個体であった。このような染色体数は、 $19=10+9$ 、 $28=10+9 \times 2$ 、 $29=10 \times 2+9$ 、 $38=10 \times 2+9 \times 2$ のように、両親植物からうけた配偶子の還元または非還元染色体の和である。

CO  $F_1$ 植物の外部形態は、両親植物の中間型である。いずれの個体でも葉面にろう状物質をもっていた。この性質はB.oloracea群の特徴で、この群を花粉親として用いた場合、真正の雑種植物であることの判定の有力な手がかりとなり得る。

## 3 種間雑種植物の後代

種間雑種(CO)後代を $F_1$ 植物の染色体数によって区分し、 $2n=19$   $2n=28$ および $2n=38$ のおおのこの系統から生じた、既存ナブス種と同じ $2n=38$ 個体を中心とした第5世代にいたる植物について、従来明らかでなかった種子稔性の推移と染色体数変異の出現、およびこれらに関連深いPMOの染色体行動を明らかにした。

(1) 種子稔性の世代的推移は、自殖系統のほか、第2代の自殖系統と既存ナブス種を交雑した系統（以下交雑系統）をとりだしてみた。その結果は表2に示される。これによると、自殖によって採種をつづけるかぎり、各系統とも着莢率・完全粒率が必ずしも好転しない。しかしながら、交雑系統では自殖系統にくらべれば幾分高まっている。これらの傾向は、とくに $F_1$ 植物が $2n=28$ であった後代系統において顕著である。

表2 C O 雑種後代の種子総性の世代的推移 (本文表II-93.94より抜萃)

F <sub>1</sub> 植物の 染色体数(2n)	第2世代		第3世代		第4世代		第5世代	
	着莢率 (%)	完全粒率 (%)	着莢率 (%)	完全粒率 (%)	着莢率 (%)	完全粒率 (%)	着莢率 (%)	完全粒率 (%)
2n=19 自殖	40.1	21.3	65.3	16.9	44.3	13.2	44.8	23.6
" 交雑	—	—	79.6	45.1	59.1	34.3	59.4	49.3
2n=28 自殖	39.3	14.1	43.6	8.6	29.1	10.1	21.6	0.5
" 交雑	—	—	54.0	42.9	42.4	30.1	42.8	27.9
2n=38 自殖	65.4	24.1	90.7	36.0	48.9	23.0	70.7	25.3
" 交雑	—	—	84.9	54.0	43.2	26.2	55.5	28.3

(2) 後代植物の染色体数変異巾と2n=38個体の出現頻度は、表3のとおりである。

表3 C O 雑種後代の染色体数変異巾と2n=38の出現頻度 (本文表II-95より抜萃)

F <sub>1</sub> 植物の 染色体数(2n)	第2世代		第3世代		第4世代		第5世代	
	染色体数 変異巾 (2n)	2n=38の 出現頻度	染色体数 変異巾 (2n)	2n=38の 出現頻度	染色体数 変異巾 (2n)	2n=38の 出現頻度	染色体数 変異巾 (2n)	2n=38の 出現頻度
2n=19 自殖	26-48 <sup>※</sup>	29.4 <sup>※</sup>	37-41	90.1	38-44	58.5	35-44	59.3
" 交雑	—	—	35-45	46.1	36-43	68.3	37-41	87.2
2n=28 自殖	34-57 <sup>※※</sup>	3.7 <sup>※※</sup>	36-41	11.1	38-44	33.3	37-44	28.0
" 交雑	—	—	36-44	26.3	36-43	49.0	35-46	33.3
2n=38 自殖	32-42	60.0	36-43	26.9	37-45	41.1	38-43	58.3
" 交雑	—	—	35-42	38.7	36-43	50.8	38-42	81.2

註 ※ 2n=19とそれを倍加した2n=38個体から自殖・放任採種した後代

※※ 2n=28とそれを倍加した2n=56個体から自殖・放任採種した後代

染色体数の変異巾は、2n=38以外の19 28 56などのF<sub>1</sub>、A<sub>1</sub>個体から、自殖や放任で採種された第2代で大きいのは当然であるが、2n=38個体から自殖または交雑によって採種された第3世代以降の個体でも、比較的小巾ではあるが、第5世代までかなりの変異がみられる。2n=38個体の出現頻度は、F<sub>1</sub>植物の2n=28に由来する後代が、2n=19 38に由来する後代よりも低い。また、自殖、交雑系統間における頻度はいずれの染色体数に由来する後

代でも自殖系統が低い。

(3) C O 雑種後代の種子稔性は既存ナス種よりも低く、また後代植物の染色体数も  $2n=38$  個体から得た場合でも多くの変異がみられる。このような不安定な原因の1つとして配偶子の形成過程、すなわちPMCの異常染色体行動が考えられる。このことについて調査した一部の自殖系統第1～第5代を第2章の関係表から抜萃してみると、表4、5のとおりである。

表4 C O 雑種後代(自殖系統)のPMC MI における染色体対合型の世代的推移  
(本文第2章表より抜萃)

系統名	世代(2n)	染色体対合型および観察細胞数										計	
2n=19 に 由来する系統	F <sub>1</sub> (19)	対合型	9II+1I	8II+3I	7II+5I	6II+7I	5II+9I	4II+11I	3II+13I	2II+15I			
		細胞数	5	5	8	2	—	2	2	1		25	
	A <sub>1</sub> (38)	対合型	2IV+	1IV+	19II	18II+2I	17II+4I	16II+6I	15II+8I				
		細胞数	1	2	7	6	6	2	1			25	
		A <sub>2</sub> ( " )	"		31	12	13	2				58	
		A <sub>3</sub> ( " )	"		23	8	1					32	
		A <sub>4</sub> ( " )	"		1	14	5	5				25	
A <sub>5</sub> ( " )	"		2	30	12	4	2			50			
2n=28 に 由来する系統	F <sub>1</sub> (28)	対合型	12II+4I	11II+6I	10II+8I	9II+10I	8II+12I	7II+14I	6II+16I				
		細胞数	5	7	18	12	6	1	1			50	
	A <sub>1</sub> (56)	対合型	3IV+	2IV+	1IV+	28II	27II+2I	26II+4I	25II+6I	24II+8I	23II+10I		
		細胞数	2	5	14	6	4	4	3	—	1	39	
		A <sub>2</sub> (38)	"			5	5	2	1	1	1	15	
		A <sub>3</sub> ( " )	"	7	14	5	1	13	4	4	1	1	50
		A <sub>4</sub> ( " )	"		6	20	6	15	2	1			50
A <sub>5</sub> ( " )	"			1	12	8	1	2	1		25		
2n=38 に 由来する系統	F <sub>1</sub> (38)	対合型	1IV+	19II	18II+2I	17II+4I	16II+6I	15II+8I	14II+10I	13II+12I			
		細胞数	4	—	3	4	6	3	4	1		25	
		A <sub>2</sub> ( " )	"		6	4						10	
		A <sub>3</sub> ( " )	"	2	25	13	7	2	1			50	
		A <sub>4</sub> ( " )	"		36	11	2	1				50	
		A <sub>5</sub> ( " )	"	3	30	11	4	2				50	

表5 C O 雑種後代(自殖系統)のPMC M II における核板染色体数出現頻度の世代的推移  
(本文第2章表より抜萃)

系統名	世代(2n)	核板染色体数(n)と出現数												
		染色体数	1-5	6	7	8	9	10	11				計	
2n=19に 由来する系統	F <sub>1</sub> (19)	染色体数	1-5	6	7	8	9	10	11					
		出現数		4	—	4	18	16	4					46
	A <sub>1</sub> (38) A <sub>2</sub> (") A <sub>3</sub> (") A <sub>4</sub> (") A <sub>5</sub> (")	染色体数	1-5	15	16	17	18	19	20	21	22	23		
		出現数	1	1	—	—	13	30	6					51
		"				1	11	109	17	1	1			140
		"				2	16	70	11	1				100
		"					4	42	4					50
	"				1	8	82	9				100		
2n=28に 由来する系統	F <sub>1</sub> (28)	染色体数	1-5	11	12	13	14	15	16	17	18	19		
		出現数	1	4	10	19	36	16	10	3	1	1		101
	A <sub>1</sub> (56) A <sub>2</sub> (38) A <sub>3</sub> (") A <sub>4</sub> (") A <sub>5</sub> (")	染色体数	1-5	24	25	26	27	28	29	30	31	32		
		出現数	1	1	3	7	18	40	17	4	1			92
		染色体数	1-5	15	16	17	18	19	20	21	22	23		
		出現数			1	2	7	34	4	1				49
		"			1	6	15	46	21	8	2	1		100
"				3	22	36	18	2				81		
"					9	35	6					50		
2n=38に 由来する系統	F <sub>1</sub> (38)	染色体数	1-5	15	16	17	18	19	20	21	22	23		
		出現数	1	1	1	8	10	17	7	5	1			51
	A <sub>2</sub> (")	"				5	35	10					50	
	A <sub>3</sub> (")	"			1	20	59	16					100	
	A <sub>4</sub> (")	"				5	86	9					100	
	A <sub>5</sub> (")	"				14	74	12					100	

2n=19に由来する系統のうちF<sub>1</sub>(2n=19)植物は、M Iにおける染色体対合もきわめて不安定であり、M IIにおける核板染色体数も変異にとんでいる。染色体数を倍加したA<sub>1</sub>-A<sub>5</sub>代の植物は、既存ナブス種と同じ2n=38個体でありながらも、M Iにおける染色体対合で多価、1価がみられ、M IIにおける核板染色体数も19個のほかのものが数多くみられる。2n=28に由来する後代系統のF<sub>1</sub>(2n=28)植物は、M Iにおける染色体対合もきわめて異常であり、M IIにおける核板染色体数nは11~19個である。染色体数を倍加したA<sub>1</sub>(2n=56)植物は、M Iにおける染色体対合が28IIのほか、多価 I 価も多くみられ、M IIにおける核板染色体数nは24~31個である。染色体数が2n=38となったA<sub>2</sub>~A<sub>5</sub>代植物も、既存ナブス種とは異なった不安定な染色体行動がみられ、19II細胞や、19個の染色体数をもつ核板の出現もきわめて少ない。2n=38に由来する後代系統のF<sub>1</sub>植物は、当初から2n=38の複2倍体であったが、M I、M IIのいずれにおいても異常行動がみられ、その後代であるA<sub>2</sub>~A<sub>5</sub>代植物(2n=38)についても、既存ナブス種のような正常な染色体行動がみられず、前二者と程度の差はみられても、異常な行動をすることに変わらない。

以上のように後代植物は、きわめて近い染色体構成をもった既存ナブス種にくらべ不安定である。種子稔性の比較的高い系統は、F<sub>1</sub>植物の染色体数が2n=19 38に由来する後代にみられ、一方後代植物の染色体数も2n=19 38に由来する後代系統は、安定したとみられる2n=38個体の出現頻度が高い。このことはPMCの染色体行動についても平行した形がみられる。既存ナブス種との交雑系統は、自殖系統にくらべ種子稔性は高く、後代植物の染色体数についても2n=38個体の出現が多くみられる。

#### 4 飼料用創成ナブスの育成

青刈飼料ナブス(わが国ではレーブと俗称している)は、利用時期にも関係するが、生育特性からみて利用適期が長期間にわたり、しかも生草量の多いことがのぞまれる。レーブの生育特性からみた利用適期は、生草量が多く、家畜の嗜好性の高い時期で、それは多くの青刈作物に共通しているように、開花始期前後といえる。

ナブス植物の開花期の早晚性は、表6に示されるように、品種、系統の特性といえる。すなわち、既存ナブス種ではすでに指摘されているように、ミチノクナタネ、ナタネ農林16号およびナタネ仏12号の順に早、中、晩生であり、創成ナブス系統では早晚の特性が交雑に用いた両親作物の特性をうけていることが明らかにされた。すなわち、小松菜(早生種、n=10)とハナヤサイ(早生種、n=9)から得たCO-4は早生であり、四月白菜(晩生種、n=10)

表6 創成ナブスの各系統および既存ナブス品種の開花期 (本文表III-5より抜萃)

系統名および品種名	開 花 期 (月/日)											
	III		IV					V				計
	23	28	2	7	12	17	22	27	2	7		
COA <sub>5</sub> -4	6	12	9	8	1							36
(COA <sub>4</sub> -4×ミチノク)F <sub>1</sub>	4	19	21	9	3							56
ミチノクナタネ		22	24	12	5							63
(COA <sub>6</sub> -1×ミチノク)F <sub>1</sub>				5	34	16	4					59
ナタネ農林16号			2	1	43	9	4					59
(COA <sub>6</sub> -1農林16号)F <sub>1</sub>					6	14	33	6				59
ナタネ仏12号							1	28	23	2		54
(COA <sub>6</sub> -1×仏12号)F <sub>1</sub>								11	24	10		45
COA <sub>7</sub> -1							5	14	24	22		65

とサクセッション甘らん(晩生種, n=9)から得たCO-1は晩生である。一方交雑系統についても、晩生のCO-1と開花期の異なった既存ナブス3品種の交雑後代は、いずれも既存ナブス種のそれぞれの特性をうけ、早中晩の系統となっている。これらの特性は、第2代以降もほとんど変わらないことが明らかにされた。したがって意図的に開花期の早中晩と異なる系統を育成し、それを組合わせて栽培することによって、青刈飼料作物としての利用期間を長くすることができる。

レープの利用適期とされる開花始期に創成ナブスの各種系統の生草量をとってみると(表7)

表7 創成ナブスの生草量(本文表III-6より抜萃)

系統名および品種名	3.3 m <sup>2</sup> 当生草量(kg)	仏12号を100とした指数
COA <sub>6</sub> -1	928	83.0
(COA <sub>5</sub> -1×仏12号)F <sub>1</sub>	1856	167.6
(COA <sub>4</sub> -1×仏12号)F <sub>2</sub>	1481	133.7
(COA <sub>3</sub> -1×仏12号)F <sub>3</sub>	1575	142.1
(COA <sub>2</sub> -1×仏12号)F <sub>4</sub>	1217	109.9
ナタネ仏12号(対称品種)	1107	100.0



自殖系統よりも交雑系統が多く、交雑後世代を重ねるにしたがって次第に減少する傾向がみられる。すなわち、雑種強勢の減退現象がみとめられる。したがって、生草量の多い創成ナブスを得ようとするには、自殖系統と既存ナブス種との交雑系統をつくり、雑種強勢の顕著に現われる  $F_1 \sim F_3$  代を利用することによって、その目的が達せられることが明らかになった。

## 5 創成ナブスの採種体系の確立

飼料用創成ナブスの育成にあたって、創成ナブスの自殖系統と既存ナブス種との交雑は、利用適期の異なった系統や、生草量の多い系統を意図的に作出できることを明らかにした。しかしながらこれら有望とされる系統も、実際に利用されるためには採種体系が確立されなければならない。そのためには種子検性が高く、容易に多くの種子が得られ、さらにその種子から生ずる作物は、それぞれの系統ののぞましい特性をもち、生草量が多く得られるものでなければならない。

創成ナブスの種子検性は、前述表2で示したように、自殖系統では低いものもあるが、交雑系統はそれよりも高まり、種子生産上交雑系統がのぞましい。交雑系統後代の早中晩の特性は、そのまま継続することが明らかであり、生草量は、雑種強勢によって  $F_1 \sim F_3$  代では母本に用いた既存ナブス種よりはるかに多い。したがって、自殖系統と既存ナブス種との交雑系統  $F_1 \sim F_3$  代を利用できる採種体系が確立されなければならない。

これら両者間の交雑は、確実な種子を得るためには除雄操作を伴った人工受粉が必要であり、 $F_1$  種子を多量につくり青刈利用することは實際上困難である。したがって、図1のように

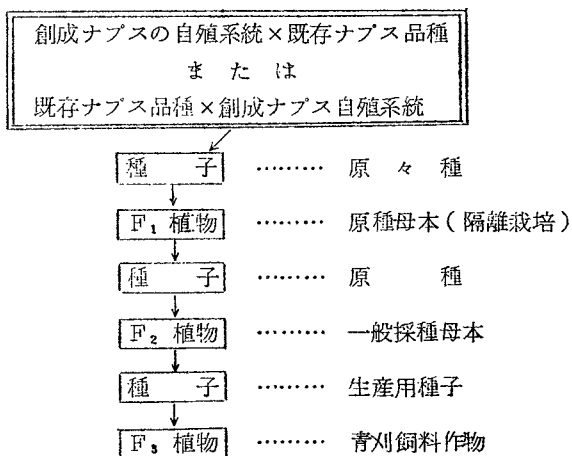


図1 飼料用創成ナブスの採種体系 (本文 Ⅲ-2)

多量の種子生産ができる $F_3$ 植物利用の採種体系を提起した。すなわち、創成ナブスの自殖系統と既存ナブス種とを交雑して得た種子は原々種とし、これから得た植物( $F_1$ )は隔離して採種し、これを原種とする。これから得た植物( $F_2$ )を一般採種用母本とし、青刈飼料用作物は $F_3$ 代とするものである。なお生草量の高い交雑系統を維持するため、 $F_3$ 代以降からの採種と、青刈利用栽培の圃場からの採種は行なわないように提起した。

## 6 研究成果の農業への寄与

畜産の発展とともに良質な飼料作物の需要がのび、わが国でも諸外国のようにレーブが利用されている。従来作出された創成ナブス(俗称CO(シーオー))はその面で一定の需要にこたえてきたが、系統の維持、採種体系の確立が伴わなかったため、次第に生草量の低下をまねき当初の人気を失なうにいたっている。この際、本研究の成果は、生草量の多い青刈飼料用創成ナブスの育成に寄与できるものと期待される。なお本研究で得られた知見に基づいた創成ナブス系統の育成と採種は、昭和45年度より農林省長野種畜牧場で実施にうつされている。

## 審査結果の要旨

既存ナブス *Brassica napus* (ナタネ, スエーデンカブの類) は *B. campestris* (アブラナ, ハクサイの類) と *B. oleracea* (ケール, カンランの類) との自然交雑に由来する複2倍性種であるが, 水島, 細田らにより *campestris* と *oleracea* より新しく人工合成され, 選抜された創成ナブスの系統 (co と称す) は生育が旺盛で青刈飼料作物として普及するに至った。しかし, 系統の維持, 採種体系の確立が伴わなかったため, 次第に生草量の低下をまねき, 最近当初の人気を失うにいたっている。本研究は *campestris* と *oleracea* との間で新しく多くの交雑を行ない, 主として細胞遺伝学および形質遺伝学的手法で雑種後代の稔性, 染色体数の安定性, 重要生産形質の変異を第5世代にいたる迄追跡し, 青刈飼料作物としての適性にそった系統の育成と, その採種方法の確立について解明したものである。

- (1) まず1万7千あまりの花についての交配結果を述べ, 母本植物の生育の調整, 胚発育初期の温度の調整により交雑の成功率を高めうることを示唆している。
- (2)  $F_1$  植物の観察結果は, 種間交雑の場合, 非還元配偶子が  $F_1$  植物の成立に関与する場合が稀でないことを示す事例として意義を認めることができる。
- (3) さらに種間交雑後代の稔性, 染色体数変異, それらに関連して花粉母細胞の減数分裂異常を世代を追って観察している。その結果, 種間雑種の自殖系統の稔性, 染色体数の安定性は既存ナブスに及ばないこと, しかし, 自殖系統に既存ナブスを交雑するとその後代の稔性, 染色体数の安定性がある程度高まることを見ている。本研究を開始した頃には, 少なくとも複2倍性型の種間雑種は染色体的に安定し, 稔性も比較的高いとの見解が有力であったが, 必ずしもそうでないこと, また従来の放任採種で比較的高稔性の系統が得られたのは既存ナブスとの自然交雑が関与している可能性があることなどを, 実験的に証明したものと評価できる。
- (4) また利用形質の遺伝を調査し, 創成ナブスの自殖系統と既存ナブスとの交雑組合せにより, 利用適期の異なった系統を意図的に作出できること, 交雑の  $F_1 \sim F_2$  世代にわたり生草量について顕著な雑種強勢現象が見られることを指摘している。
- (5) 以上の結果をふまえて, 創成ナブスの自殖系統と既存ナブスを交雑して得た種子を原々種とし,  $F_1$  植物を隔離して採種した種子を原種とし,  $F_2$  を一般採種母本として生産用種子をとり,  $F_3$  青刈飼料作物とする採種体系を提起している。

以上, 本研究は, 種間交雑育種の際の困難な問題の1つである稔性や染色体数の安定性の実態について, 交雑後代に及んで綿密に観察し, また人工合成系統と既存複2倍性種との交雑が, 稔性, 染色体数の安定, 利用特性の付与, 増強上で有効であることを実証したもので, 学術上また実際育種上価値ある知見を含み, 農学博士の学位に値するものと認めた。