

フィターゼ添加による採卵鶏の植物性 飼料中リン利用率向上技術

池田加江*・福原絵里子・西尾祐介・田口清實

鶏が利用できない植物性飼料中リン(フィチン態リン)の利用率を向上させ、排泄リン量を低減させるフィチン態リン分解酵素(フィターゼ)の植物性飼料への適正添加水準について検討を行った。

試験は、非フィチン態リン(有効リン)0.16%の植物性飼料にフィターゼを0, 75, 150, 300, 450単位/kg添加した区を設定し、対照区は有効リン0.35%の動物性飼料給与区とした。

フィターゼを添加しない区では、産卵率は対照区に比べ有意に低下した。フィターゼの添加量を0, 75単位/kgにした区では破卵率が増加し、添加量を150単位/kgにすると暑熱期の産卵後期に破卵率が増加した。添加量を150, 300単位/kg添加した区では、対照区に比べ産卵率、日産卵量、飼料消費量、飼料要求率に有意な差はなかった。

排泄リン量は、対照区に比べ低リン植物性飼料給与区で有意に低減した。

また、フィターゼを150, 300単位/kg添加した場合の卵1kg当たりの植物性飼料費は、動物性飼料費に比べ同等か少ない。

これらのことから、有効リン0.16%の植物性飼料を採卵鶏に給与する場合、産卵成績を低下させることなく排泄リン量を低減できるフィターゼの添加量は、150~300単位/kgであると考えられた。

[キーワード：植物性飼料, 採卵鶏, フィターゼ, 排泄リン量, 有効リン]

Supplementing Corn-Soybean Meal Diets for Laying Hens with Phytase Improved Phosphorus Absorption. IKEDA Kae, Eriko FUKUHARA, Yusuke NISHIO and Kiyomi TAGUCHI. (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikusino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 24:94-98 (2005)

This study was conducted to evaluate the levels of supplemental phytase which would increase P availability in corn-soybean meal diets and would decrease P excretion in laying hens.

Corn-soybean meal diets containing 0.16% available P were supplemented with a phytase content 0, 75, 150, 300 or 450 (phytase units (FTU) /kg diet). We used commercially available fish-meal based diets for the laying hens control group.

There was a drop in egg production as expected for the group given the diet of 0 FTU/kg; the group given the diet of 0, 75 FTU/kg resulted in increase broken soft-shelled eggs. For the group given the diet of 150 FTU/kg, the same increase in broken soft-shelled eggs occurred in older hens (52 to 64 weeks of age, summer term). There were no significant differences in egg production, egg yield, feed consumption and feed per egg between the groups given 150 and 300 FTU/kg, and the control group.

For the group given corn-soybean meal diets, P excretion decreased intentionally compared with the control group.

The cost of 150, 300 FTU/kg diet for producing 1 kg of eggs is almost equivalent or less compared with the cost of the control diet.

The results of this study indicated that from 150 to 300 FTU/kg diet remained good egg production and decreased P excretion.

[Key words : low-phosphate corn-soybean meal diets, laying hens, phytase, phosphate excretion, available phosphate]

緒 言

魚粉の高騰および漁獲量の不安定化、BSE問題による肉骨粉の使用停止等により、トウモロコシ、大豆粕を主体とした植物性飼料の利用が増加している。植物性飼料中にはリン成分が多く含まれているが、その多くはフィチン態リンの形で含有されている。フィチン態リンは、植物がリンを蓄えるために合成されるリン酸化合物であるが、鶏の利用率は低い。また、鶏の腸内でカルシウム

と不溶性の塩を形成するためカルシウムの利用率も低くなる¹⁾。一般的に使用されている鶏用植物性飼料では、フィチン態リンの利用率が低いため、利用率の良い無機態リンを添加している。そのため、鶏は主として無機態リンを消化吸収し、フィチン態リンはほとんど糞中に排泄され環境負荷物質となっている。

フィチン態リンの利用率を向上させる給与技術として、フィチン態リン分解酵素であるフィターゼを飼料に添加することが有効であるといわれている¹⁾。フィターゼは、フィチン態リンを加水分解し、リンの利用率を向上させる酵素であり、プロイラーにおいてその効果は、500単位

*連絡責任者(家畜部 現畜産環境部)

/kg添加で無機態リン0.16%相当する¹⁾。

有効リンを0.2～0.3%に設定した採卵鶏飼料にフィターゼを500～1000単位/kg添加すると、産卵成績に影響はなくリンの排泄量を30～40%低減できたとする報告は多い^{4) 8) 10)}。しかし、フィターゼの添加量が増えると卵1kgあたりの飼料費が高くなる。

そこで、環境負荷物質削減と飼料費削減のため、有効リン量を可能な限り低減した植物性飼料を用いて、鶏の生産性を維持できるフィターゼの添加量を検討した。

材料及び方法

1 供試鶏及び飼養管理方法

褐色卵鶏（銘柄名ブラウンニック）を供試し、飲水はニップルドリンカーによる自由飲水、飼料は不断給餌とした。光線管理は15時間明期、9時間暗期に設定した。

2 試験方法

試験1：植物性飼料が産卵成績に及ぼす影響及びフィターゼ添加によるリン利用率向上技術

トウモロコシ、大豆粕主体の植物性飼料が産卵成績に及ぼす影響を明らかにするとともに、低リン植物性飼料へのフィターゼ添加水準と生産性の関係について検討を行った。

飼料はCP17%，ME2800kcal，試験期間は21～64週齢（1999年6月2日～2000年4月5日）とした。

試験飼料の配合割合を第1表に示した。対照飼料として、日本飼養標準⁹⁾の要求量を満たした有効リン0.35%の市販飼料（動物性飼料）を用いた。試験飼料は、有効リン0.16%の植物性飼料とした。フィターゼは、協和発酵の糸状菌由来のもの（フィターゼ協和[®]）を使用した。

試験区分を第2表の試験1に示した。試験区を5区設定し、1区は対照区として動物性飼料を給与し、2～5区は植物性飼料を給与した。2区の植物性飼料に無機態リンを10.35g/kg添加し、1区の動物性飼料と有効リン

量を同レベルにした。3～5区はフィターゼをそれぞれ150，300，450単位/kg添加した。

試験羽数は各区とも41羽×2反復とした。

試験2：フィターゼ添加水準の低減の可能性

低リン植物性飼料へのフィターゼ添加水準を試験1よりさらに低減した場合の産卵成績について検討した。

飼料はCP17%，ME2800kcal，試験期間は21～64週齢（2000年10月11日～2001年8月15日）とした。

対照飼料，試験飼料，フィターゼは試験1と同等のものを使用した。試験区分は第2表の試験2に示した。試験区を4区設定し、1区に対照飼料として動物性飼料，2～4区に植物性飼料を給与した。2～4区は植物性飼料にフィターゼをそれぞれ0，75，150単位/kg添加した。試験羽数は各区とも40羽×3反復とした。

3 調査項目

調査項目は産卵成績，飼料消費量，卵質，リンの出納とした。産卵成績は産卵率，平均卵重，産卵日量および破卵率を毎日調査した。飼料消費量は4週毎に給与量と残飼量を測定し，給与量から残飼量を差し引いて算出した。卵質は産卵の前期（32週齢），中期（48週齢），後期（64週齢）に，卵重，卵殻重，卵殻強度および卵白高を各区無作為に30羽抽出し調査した。卵殻強度は，レオメーター（不動工業株式会社）を用いて測定した。ハウユニットは，卵重，卵白高の値から計算した。

リンの出納調査は，1区当たり3羽を用い産卵の前期（29週齢），中期（45週齢），後期（61週齢）に5日間行った。飼料給与量は出納調査前1ヶ月間の給与量と残飼量から計算した1日の平均摂取量を毎日給餌した。糞尿混合物は全糞採取法により，5日分をまとめて採取し，約60℃の通風乾燥機で乾燥後粉碎したものを分析用サンプルとした。糞尿混合物および飼料中リンは，ケルダール法で分解した試料をバナドモリブデン酸吸光度法で測定し，摂取リン量及び排泄リン量を計算した。リン蓄積率は，摂取リン量から排泄リン量を差し引いた値を摂取リン量に対する割合で示した。

統計処理は，一元配置の分散分析法を用いた。

結 果

試験1：植物性飼料が産卵成績に及ぼす影響及びフィターゼ添加によるリン利用率向上技術

1 産卵成績及び飼料摂取量

産卵成績を第3表の試験1に示した。植物性飼料給与区は動物性飼料給与区に比べて産卵成績及び飼料摂取量に差はみられなかった。また，フィターゼ添加水準の違いによる産卵成績及び飼料摂取量の差はみられなかった。

2 卵質

卵質検査の結果を第4表の試験1に示した。卵質では，植物性飼料給与区と動物性飼料給与区に，差はみられなかった。また，フィターゼ添加水準の違いによる差はみられなかった。

3 リンの出納

第1表 試験飼料の配合割合

原料名	動物性飼料	植物性飼料
穀類	64.1%	58.7%
植物性油かす類	22.0	19.4
ヌカ類	0.0	5.8
魚粉	2.5	0.0
製造粕類（コングルテミール）	1.5	5.2
無機態リン	0.8	0.0
その他	9.4	10.9
計	100.0	100.0

第2表 試験区分

区分	飼料の種類	カルシウム (%)	有効リン (%)	フィターゼ添加レベル (単位/kg)
試験1				
1区	動物性飼料	3.6	0.35	0
2区	植物性飼料	3.4	0.35 ¹⁾	0
3区	植物性飼料	3.4	0.16	150
4区	植物性飼料	3.4	0.16	300
5区	植物性飼料	3.4	0.16	450
試験2				
1区	動物性飼料	3.6	0.35	0
2区	植物性飼料	3.4	0.16	0
3区	植物性飼料	3.4	0.16	75
4区	植物性飼料	3.4	0.16	150

1) 無機態リン10.35g/kg添加

第3表 21~64週齢の産卵成績

区分	有効リン 水準 (%)	産卵率 (%)	日産 卵量 (g)	飼料 消費量 (g/羽/日)	飼料 要求率	破卵率 (%)	卵1kg当た り飼料費 ¹⁾ (円/kg)
試験1							
動物性飼料P0 ¹⁾²⁾	0.35	88.1	54.6	112.7	2.06	2.92	93.0
植物性飼料P0 ¹⁾³⁾	0.35	88.5	55.7	114.8	2.06	2.50	92.1
植物性飼料P150	0.16	86.8	54.5	114.0	2.09	2.27	92.5
植物性飼料P300	0.16	84.7	53.7	111.9	2.08	2.48	92.4
植物性飼料P450	0.16	88.6	55.5	114.2	2.06	2.62	91.9
試験2							
動物性飼料P0	0.35	89.1 ^A	56.4	112.1	2.00	2.83 ^a	90.3
植物性飼料P0	0.16	83.5 ^B	53.6	110.0	2.08	4.68 ^b	91.7
植物性飼料P75	0.16	87.0 ^{AB}	56.0	113.7	2.04	4.48 ^{ab}	90.1
植物性飼料P150	0.16	86.8 ^{AB}	55.2	112.6	2.05	3.84 ^{ab}	90.8

1) 飼料はすべてCP17%, ME2800kcal, フィチン態リン含量0.28%

2) P数字:数字はフィターゼ(協和発酵工業株式会社)の添加水準(単位/kg)

3) 無機態リン10.35g/kg添加

4) 飼料費は12年4月の当時購入価格に基づき計算した

動物性飼料:45.15円/kg, 植物性飼料:44.1円/kg, 第3リン酸カルシウム:120円/kg, フィターゼ:1,200円/kg

5) 縦列異符号間で有意差あり(大文字:P<0.01, 小文字:P<0.05)

第4表 卵質(32週齢・48週齢・64週齢)

区分	卵重 (g)	卵殻重 (g)	卵殻割合 (%)	卵殻強度 (kg)	卵白高 (mm)	ハウユニット ³⁾
試験1						
動物性飼料P0 ¹⁾	64.2	6.18	9.64	4.08	6.66	79.4
植物性飼料P0 ²⁾	65.5	6.24	9.55	3.94	6.77	79.9
植物性飼料P150	65.3	6.27	9.62	3.99	6.46	77.7
植物性飼料P300	65.7	6.37	9.69	4.04	6.36	76.5
植物性飼料P450	64.7	6.37	9.86	4.23	6.58	78.9
試験2						
動物性飼料P0	64.5	6.23	9.67	4.16	5.85	72.8
植物性飼料P0	65.4	6.35	9.74	4.01	5.75	71.7
植物性飼料P75	66.1	6.32	9.57	4.06	5.87	72.5
植物性飼料P150	65.5	6.21	9.49	4.13	5.96	73.4

1) P数字:数字はフィターゼの添加水準(単位/kg)

2) 無機態リン10.35g/kg添加

3) ハウユニット=log(H-1.7×W^{0.37}+7.6)×100 H(mm):卵白高 W(g):卵重

リンの出納の結果を第5表の試験1に示した。無機態リンを添加した植物性飼料給与区は、動物性飼料給与区に比べ排泄リン量が有意に増加し、リン蓄積率は低下した。無機態リンを添加していない植物性飼料給与区は動物性飼料給与区に比べ排泄リン量が有意に低下したが、フィターゼ添加水準の違いによる差は見られなかった。

第1図の試験1に各植物性飼料給与区の排泄リン量を動物性飼料給与区に対する割合で示した。排泄リン量は無機態リンを添加した植物性飼料給与区で約20%増加したのに対し、フィターゼ150, 300単位/kg添加飼料給与区では約22%, 450単位/kg添加飼料給与区では約25%低減された。

植物性飼料給与区では第2図の試験1に示すとおり、フィターゼ添加水準が増加するに伴いリン蓄積率が高くなる傾向であった。

4 飼料費

動物性飼料費を45.15円/kg, 植物性飼料費を44.1円/kgとして算出した卵1kg当たりの飼料費を第3表の試験1に示した。植物性飼料にフィターゼを150, 300, 450単位/kg添加した場合、動物性飼料に比べ約0.5~1円/kg低くなった。

試験2:フィターゼ添加水準の低減の可能性

1 産卵成績及び飼料消費量

産卵成績を第3表の試験2に示した。フィターゼ無添加の植物性飼料給与区は、動物性飼料給与区に比べ、産卵率、日産卵量は低下し、破卵率は有意に増加した。

第3図に試験2の週齢に伴う飼料摂取量と平均外気温の推移を示した。飼料消費量では、フィターゼの添加水準の違いによる差はみられなかったが、平均外気温が

第5表 リンの出納 (29・45・61週齢)

区分	有効リン 水 準 (%)	全リン 摂取量 (g)	排泄乾 糞 量 (g)	糞 中 リン含量 (%)	排 泄 リン量 (g)	蓄 積 リン量 (g)	リ ン 蓄積率 (%)
試験1							
動物性飼料P0 ¹⁾	0.35	0.66	21.3	2.19	0.47a	0.19	28.8
植物性飼料P0 ²⁾	0.35	0.72	24.1	2.39	0.58c	0.14	20.1
植物性飼料P150	0.16	0.51	22.7	1.63	0.37b	0.14	27.2
植物性飼料P300	0.16	0.55	22.4	1.63	0.37b	0.18	33.6
植物性飼料P450	0.16	0.56	23.0	1.54	0.35b	0.20	36.1
試験2							
動物性飼料P0	0.35	0.64	22.8	2.22	0.50a	0.14	20.9
植物性飼料P0	0.16	0.56	26.1	1.62	0.41b	0.15	25.9
植物性飼料P75	0.16	0.57	24.9	1.48	0.39b	0.18	31.1
植物性飼料P150	0.16	0.57	25.3	1.64	0.39b	0.18	30.7

1) P数字：数字はフィターゼの添加水準（単位/kg）

2) 無機態リン10.35g/kg添加

3) 縦列異符号間で有意差あり（P<0.05）

20℃を越える52週齢以降に低下した。

第4図に週齢に伴う破卵率の推移を示した。破卵率は、植物性飼料給与区で高くなる傾向にあり、産卵後期になるとより差が大きくなった。フィターゼ添加水準が増加すると破卵率が抑えられる傾向にあった。

2 卵質

卵質検査の結果を第4表の試験2に示した。卵殻強度では、フィターゼの添加水準が増加するに伴って強くなる傾向にあった。卵重、卵殻重、卵殻割合、卵白高、ハウユニットでは、フィターゼの添加水準の違いによる差はみられなかった。

3 リンの出納

リンの出納の結果を第5表の試験2に示した。植物性飼料給与区は動物性飼料給与区に比べ排泄リン量が有意に低下したが、フィターゼ添加水準の違いによる差は見られなかった。

第1図の試験2に各植物性飼料給与区の排泄リン量を動物性飼料給与区に対する割合で示した。フィターゼ添加飼料では約20%低減された。

リン蓄積率は第2図の試験2に示すとおり、植物性飼料給与区でフィターゼ添加水準が増加するに伴い高くなる傾向であった。

4 飼料費

動物性飼料費を45.15円/kg、植物性飼料費を44.1円/kgとして算出した卵1kg当たりの飼料費を第3表に示した。フィターゼ無添加の植物性飼料区は日産卵量が少なかったため高くなるが、フィターゼを75、150単位/kg添加すると動物性飼料とほぼ同額となった。

考 察

加島ら³⁾は、無機態リンを添加した有効リン0.4%の大豆粕主体飼料を採卵鶏に給与した場合、有効リン0.4%の動物性飼料を給与した場合に比べて産卵成績に差は認められなかったと報告している。本試験においても、無機態

リンを添加した有効リン0.35%の植物性飼料給与区と、有効リン0.35%の動物性飼料給与区は産卵成績に差は認められなかった。しかし、無機態リンを添加した有効リン0.35%の植物性飼料給与区は動物性飼料給与区よりも有意に排泄リン量が増加し、リン蓄積率は低下していた。このことから、植物性飼料に有効リンの充足のために無機態リンを添加することは、環境により負荷をかける結果となると考えられる¹⁾。

第3表の試験1および第5表の試験1に示したように、フィターゼを150、300、450単位/kg添加した植物性飼料を給与した場合、動物性飼料を給与した場合と同等の産卵成績を維持でき、リンの利用率が向上する傾向にあることが明らかになった。また、第5表の試験2に示したように、植物性飼料にフィターゼを添加した場合、リン蓄積率が約5%改善し、植物性飼料中のフィチン態リンがフィターゼの添加により有効利用されていることが示唆された。

しかし、第3表の試験2および第4図に示すように、フィターゼ75単位/kg添加では破卵率は増加し、150単位/kg添加では52週齢以降の破卵率が増加した。

フィターゼの添加量が不足した場合、フィチン態リンの分解が不十分になり、フィチン態リンとカルシウムと不溶性塩形成する⁵⁾。試験2においても、フィターゼ75単位/kg添加では添加量が不足し、フィチン態リンの分解が不十分になり、カルシウム吸収が抑制され産卵率が低下したことが示唆された。

また、52週齢以降に産卵率が低下した原因として、第3図に示すように、52週齢以降の飼料摂取量の低下に伴うフィターゼ摂取量不足が考えられた。環境温度が30℃を越えると、1℃上がる毎に飼料摂取量が2.5%減少すると報告されている²⁾。今回の試験においても、52週齢以降（2001年6～8月）の外気温は30℃を越える日が多く、鶏舎内温度も30℃以上になっていたと考えられ、飼料摂取量の低下を招いたと示唆された。このことから、植物性飼料へのフィターゼの添加量は、暑熱期の生産性への影響を考えると150単位/kg以上がよいと思われる。

植物性飼料にフィターゼを添加しない場合、産卵率が

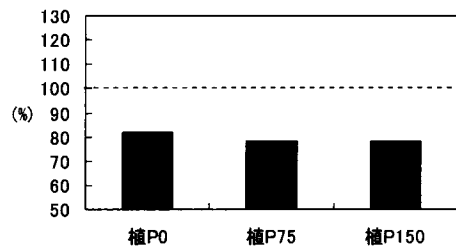
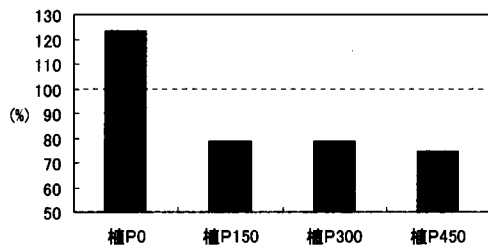
有意に低下した。これは本試験で使用した植物性飼料中の有効リン量0.16%は、産卵に必要な量を満たしていなかったことを示している。ただし、採卵鶏の有効リンの最低要求量はこれまでの研究事例で異なっており^{7) 9)}、今後、鶏の系統、環境温度、飼料原料や配合割合等の検討が必要である。

卵1kgあたりの飼料費は、植物性飼料へのフィターゼの添加水準が150, 300単位/kgの場合、動物性飼料費と変わらなかった。

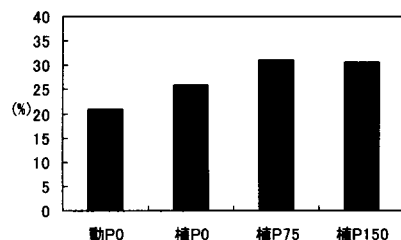
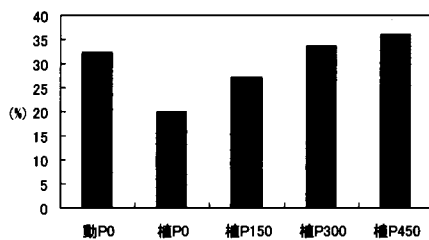
これらのことから、有効リン0.16%の植物性飼料を採卵鶏に給与する場合、飼料費が割高にならず、産卵成績が維持でき、排泄リン量が低減できるフィターゼの添加水準は150~300単位/kgであると考えられた。

引用文献

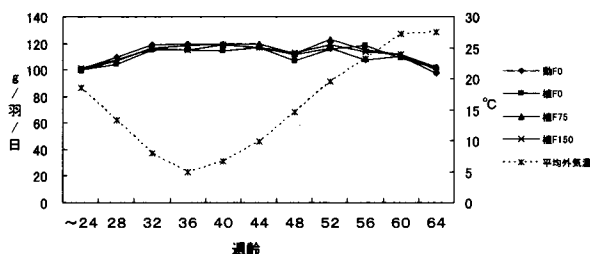
- 岡田徹 (2001) フィチン酸分解酵素「フィターゼ」の養鶏現場への利用. 鶏の研究, **76** (5): 43-47.
- 奥村純市・藤原昇 (2000) 家禽学. 朝倉書店: 34.
- 加島恭美, 山上善久 (1995) 魚粉を用いない大豆粕型飼料給与による採卵鶏の生産能および鶏卵食味. 埼玉鶏試験研報, **28**: 20-24.
- 早川博 (1999) 卵用鶏における低蛋白質アミノ酸添
- 加飼料及び低有効リンフィターゼ添加飼料給与による窒素リン排泄量の低減. 岐阜県養鶏試験場研究報告, **46**: 28-33.
- Jiro J.Kaneko編 (1983) 家畜臨床生化学. 久保周一郎監訳. 東京. 近代出版: 638-650.
- 農林水産省農林水産技術会議事務局 (1997) 日本飼養標準・家禽, 中央畜産会, 東京: 142.
- R.W.Gordon, D.A.Roland (1997) Performance of Commercial Laying Hens Fed Various Phosphorus Levels, with and without Supplemental Phytase. Poultry Science., **76** (8): 1172.
- 斉藤健一 (1999) 有効リン水準の異なる採卵鶏飼料へのフィターゼ添加有無が採卵鶏からの排泄リン量に及ぼす影響. 千葉県畜産総合研究センター研究報告, **23**: 14-20.
- S.D.Boling et al. (2000) Poultry Science. The effect of dietary available phosphorus levels and phytase on performance of young and older laying hens. **79** (2): 224.
- 武政政明・村上斉・山崎信 (1996) 飼料への酵母由来「フィターゼ」の添加による鶏ヒナ排泄リンの低減. 日本家禽学会誌**33**: 104-111.



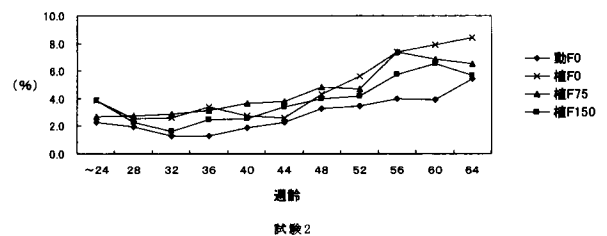
第1図 動物性飼料給与区を100とした場合の各植物性飼料給与区の排泄リン量の割合 (29・45・61週齢)



第2図 蓄積リン率 (29・45・61週齢)



第3図 週齢に伴う飼料摂取量と平均外気温の推移 (試験2)



第4図 週齢に伴う破卵率の推移 (試験2)