

# 卵殻破壊強度の測定法についての検討

国松 豊・岩井俊暁\*・吉田重雄

YUTAKA KUNIMATSU, TOSHIAKI IWAI\* and SHIGEO YOSHIDA

Studies on the method for measuring egg shell strength  
under compressive force

**要旨:** 実験1～5において4鶏種より得た1040個の鶏卵について、材料検査機と富士平式卵殻強度計で長径方向又は短径方向より加圧して、卵殻破壊強度を測定し、その卵殻の厚さと鶏卵比重との相関係数を求め、卵殻破壊強度の測定方法について2・3の検討を行なった。

卵殻破壊強度は材料検査機の方が高い値を示し、加圧方向より見れば、短径方向より加圧した方が低い値を示し、変動係数も低かった。また、両機の卵殻破壊強度と卵殻の厚さの間に  $r=0.42^{***} \sim 0.84^{***}$ 、卵殻破壊強度と鶏卵比重との間に  $r=0.44 \sim 0.74^{***}$  の有意な相関が認められた。

長径方向より加圧した場合、富士平式卵殻強度計値  $X_1$  と材料検査機の卵殻破壊値  $Y_1$  (kg) の間に  $Y_1(\text{kg})=0.27+1.12X_1$  ( $r=0.93^{***}$ ) また、短径方向より加圧した場合、富士平式卵殻強度計  $X_2$  と材料検査機の卵殻破壊強度値  $Y_2$  (kg) の間に  $Y_2(\text{kg})=-0.22+1.25X_2$  ( $r=0.97^{***}$ ) が得られた。

## 緒 言

卵殻破壊強度の測定方法は古くより多くの研究者<sup>1)-28)</sup> が種々の方法を考察して来たが、その測定方法を大別すると非破壊測定法としての Deformation 法と破壊試験法としての加圧破壊法 (Crushing method)、衝撃破壊法 (Impact method) および折れ破壊法 (Snapping method) があげられる。測定機自体も比較的大型のものが多く、特に現場での測定に不便な点が多く、これらの点を含めて、簡便でかつ正確な測定機の開発が望まれて来た。

一方、我が国においても最近卵殻質に関する研究報告が多く発表されて来ているが、それらの報告で、3の問題が見い出される。その一つは、卵殻強度計で卵殻破壊強度を測定する場合、加圧する方向が研究者によりまちまちであり、データを検討する場合に不便を来す事である。また、最近我が国で報告されている卵殻破壊強度の多くは富士平式卵殻強度計による測定のものであり、そのデータを見ると、単位が無

記名のもの、kgの単位の付してあるものとまちまちである事である。更に、これらの数値を外国の報告に比較した場合、卵殻の厚さや鶏卵比重においてほとんど差異がないにもかかわらず、富士平式卵殻強度計により測定された数値がほとんどの場合、低い値を示している事である。

これらの点を検討する目的で加えられた重力を正確に測定できる材料検査機と富士平式卵殻強度計を用い、長径方向又は短径方向より卵殻破壊強度を測定し、これらの卵殻の厚さ、鶏卵比重をも測定し、卵殻破壊強度と卵殻の厚さおよび鶏卵比重の相関関係を調査した。

## 材料および方法

供試鶏卵はいずれも本学農学部附属農場の鶏舎で飼養中の鶏より産卵されたものを用い、実験1においては、シェーバー鶏(50週令)より得た240個、実験2においては、シェーバー鶏(30週令)より得た200個、実験3においては、ハイセックス鶏(25週令)より得

京都府立大学農学部畜産学研究室

Laboratory of Animal Science, Faculty of Agriculture, Kyoto Prefectural University, Kyoto, Japan.

現在、京都府畜産研究所

要旨は昭和53年10月日本家禽学会秋季大会にて発表

昭和55年7月28日受理

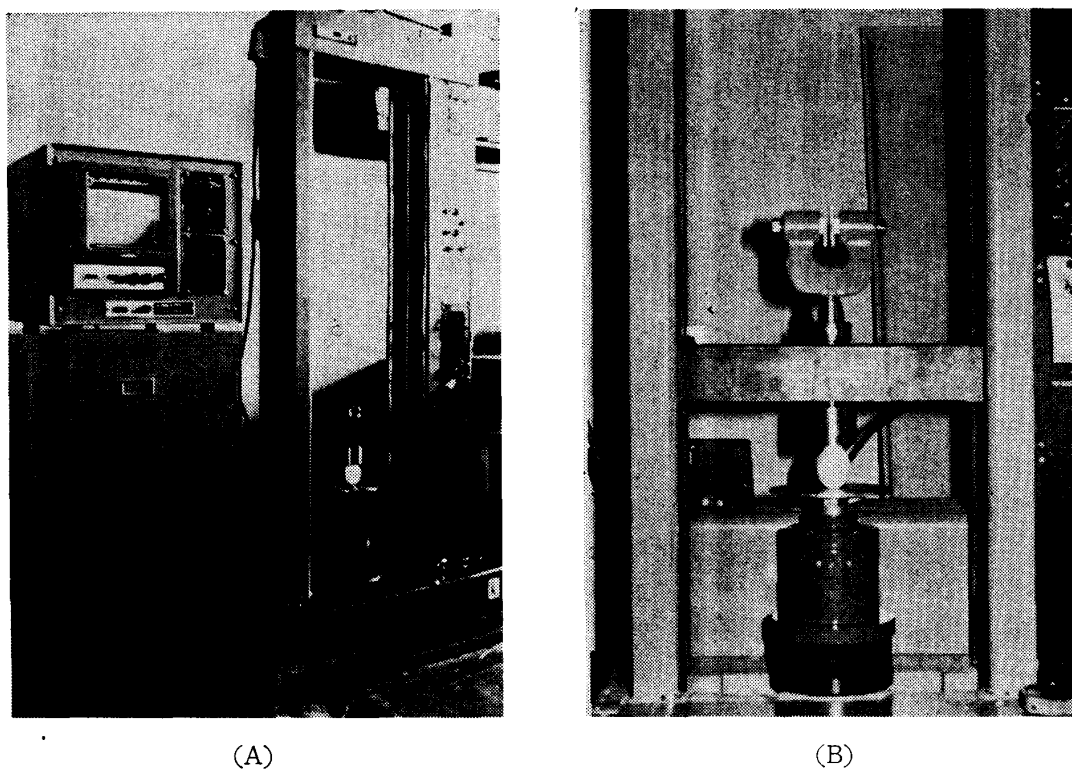


Fig. 1. Testing machine (Tensilon UTM-4L).  
 (A) The apparatus complete with the recording equipment.  
 (B) Force transducer.

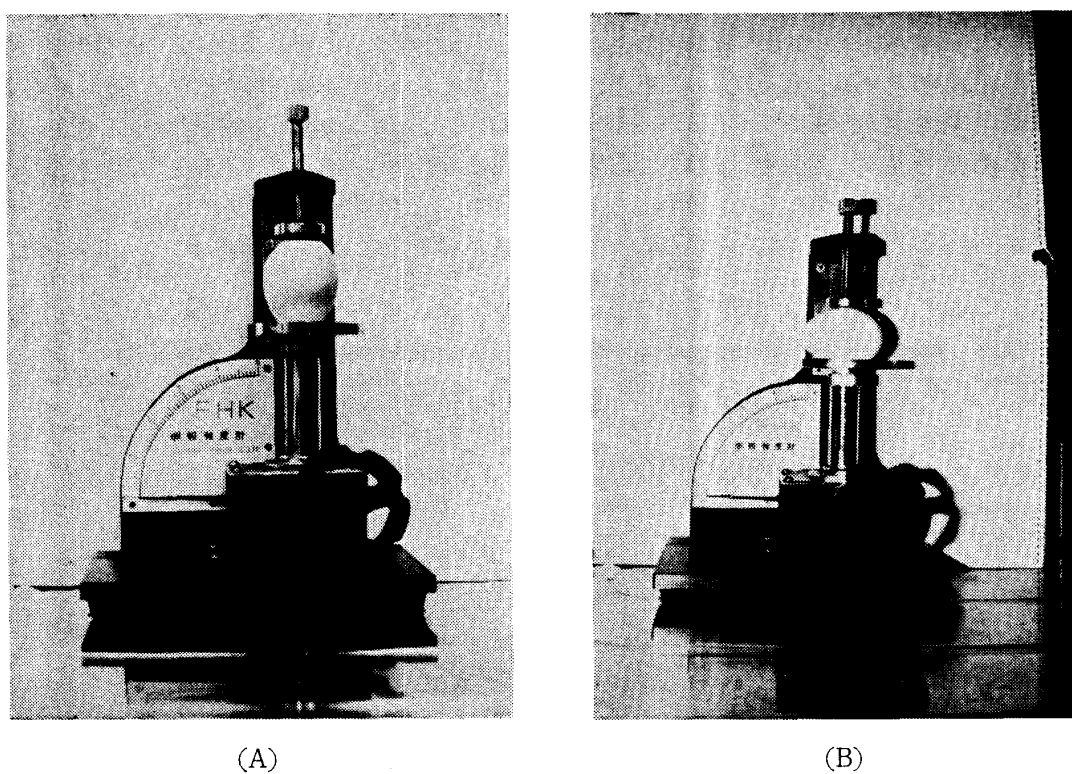


Fig. 2. Fujihira egg shell strength tester.  
 Egg was placed on the tester along the major axis of the egg  
 (A), or along the minor axis of the egg (B).

た200個。実験4においては、ワーレン鶏(25週令)より得た200個。および、実験5においては、ハーバートコメット鶏(23週令)より得た200個を用いた。これらの鶏卵は集卵後直ちに冷蔵庫に一夜保存し、翌朝に卵殻の諸形質を測定した。

鶏卵比重は、比重1.060より1.115まで、0.005きざみの食塩水を調製し、その中に鶏卵を入れ浮沈の状態より鶏卵比重を測定した。

卵殻破壊強度の測定は2種類の測定機すなわちFig. 1. (A) および (B) に示すような材料検査機〔Testing machine, (Tensilon UTM-4L type.)〕と Fig. 2. (A) および (B) に示すような富士平式卵殻強度計を使用した。材料検査機は本学農学部林学第三講座木材工学研究室に設置されたもので加えられた力を正確に Kg 単位で測定する事ができるものである。なお卵殻破壊強度の測定は鶏卵の鈍端を上セットして長径方向より加圧した場合 Fig. 2. (A) と鶏卵の赤道面でセットして短径方向より加圧した場合 Fig. 2. (B) との二方向で行なった。

卵殻の厚さは、鶏卵の赤道部より3カ所の小片を採り、内卵殻膜を除去した後、Peacock社製の Dial pipe gauge により測定した。

## 結 果

実験1～5の材料検査機および富士平式卵殻強度計を使用して、長径方向又は短径方向より加圧した場合の卵殻破壊強度の測定結果を示すと Tab. 1. のようである。材料検査機で長径方向より加圧した場合の卵殻破壊強度は実験2で3.86Kgと最も高く、実験1および実験4で3.32Kgと最も低く、平均値で3.58kgで

あった。また、材料検査機で短径方向より加圧した場合の卵殻破壊強度は実験5で3.43kgと最も高く、実験1で3.00kgと最も低く、平均値で3.18kgであった。

また、富士平式卵殻強度計で長径方向より加圧した場合の卵殻破壊強度は実験3で2.97と最も高く、実験1で2.75と最も低く、平均値で2.87であった。

短径方向より加圧した場合の卵殻破壊強度は実験5で2.87と最も高く、実験1で2.61と最も低く、平均値で2.71であった。

両機械とも長径方向より加圧した場合、短径方向より加圧した場合に比較していずれも高い卵殻破壊強度を示した。

また、富士平式卵殻強度計は加圧の単位の表示はないが、仮にこの数値を kg として比較すると、材料検査機の測定値より低い値を示した。

次に、両機械による卵殻破壊強度測定値の変動係数を比較すれば材料検査機の長径方向加圧で21.8～24.4%、平均値は18.6%であり、短径方向よりの加圧で14.5～21.3%、平均値で18.6%であった。

また、富士平式卵殻強度計の長径方向加圧で17.3～21.9%、平均値は20.2%であり、短径方向加圧で15.7～18.1%、平均値で16.8%であった。

即ち、両機とも長径方向より加圧するより短径方向より加圧する方が変動係数が低い事が判明した。

実験1～5の鶏卵比重の測定結果を示すと Tab. 2. のようである。実験1の鶏卵比重は1.085～1.087で平均値は1.086であった。実験2の鶏卵比重は1.086～1.089で、平均値は1.087であった。実験3の鶏卵比重は1.091～1.098、平均値は1.094であった。実験4

Table 1. Means, standard deviations and coefficients of variation of egg shell strength for each trial.

Apparatus	Testing machine (Tensilon UTM-4L type)		Fujihira shell strength tester	
	Major axis Pole	Minor axis Equator	Major axis Pole	Minor axis Equator
Trial 1	3.32±0.72Kg (21.8)	3.00±0.44Kg (14.5)	2.75±0.60 (21.9)	2.61±0.44 (16.8)
Trial 2	3.86±0.86" (22.2)	3.12±0.66" (21.3)	2.95±0.51 (17.3)	2.68±0.41 (15.8)
Trial 3	3.71±0.89" (23.9)	3.08±0.50" (16.4)	2.97±0.67 (22.7)	2.65±0.42 (15.7)
Trial 4	3.32±0.74" (22.3)	3.27±0.69" (21.1)	2.77±0.58 (20.9)	2.77±0.52 (18.1)
Trial 5	3.71±0.91" (24.4)	3.43±0.68" (19.9)	2.93±0.53 (18.2)	2.85±0.50 (17.6)

( )=Coefficients of variation. %

Table 2. Means, standard deviations of egg specific gravity for each trial

Aparatus	Testing machine (Tensilon UTM-4L type)		Fujihira shell strength tester		
	Direction of applied compressive force	Major axis	Minor axis	Major axis	Minor axis
Position of applied compressive force	Pole	Equator	Pole	Equator	Equator
Trial 1	1.085±0.006	1.087±0.004	1.085±0.006	1.086±0.006	1.086±0.006
Trial 2	1.087±0.005	1.089±0.004	1.086±0.006	1.087±0.006	1.087±0.006
Trial 3	1.098±0.006	1.092±0.008	1.091±0.006	1.095±0.005	1.095±0.005
Trial 4	1.085±0.008	1.087±0.008	1.087±0.009	1.083±0.008	1.083±0.008
Trial 5	1.087±0.007	1.087±0.009	1.089±0.008	1.089±0.007	1.089±0.007

Table 3. Means, standard deviations of egg shell thickness for each trial.

Apparatus	Testing machine (Tensilon UTM-4L type)		Fujihira shell strength tester		( $\mu\text{m}$ )
	Direction of applied compressive force	Major axis	Minor axis	Major axis	Minor axis
Position of applied compressive force	Pole	Equator	Pole	Equator	Equator
Trial 1	361±26	357±23	358±27	361±30	361±30
Trial 2	365±23	359±24	354±25	359±22	359±22
Trial 3	373±28	362±26	367±27	369±22	369±22
Trial 4	336±27	347±29	335±30	340±29	340±29
Trial 5	343±27	349±31	348±34	346±30	346±30

の鶏卵比重は1.083~1.087で、平均値は1.086であり、そして、実験5の鶏卵比重は1.087~1.089で、平均値は1.088であった。

実験1~5の卵殻の厚さの測定結果を示すと Tab. 3. のようである。実験1の卵殻の厚さは357~361 $\mu\text{m}$ で、平均値は359 $\mu\text{m}$ であり、実験2では354~365 $\mu\text{m}$ で、平均値は359 $\mu\text{m}$ であり、実験3で362~373 $\mu\text{m}$ で、平均値は368 $\mu\text{m}$ であり、実験4で335~347 $\mu\text{m}$ で、平均値は340 $\mu\text{m}$ であった。そして、実験5では343~349 $\mu\text{m}$ で、平均値は347 $\mu\text{m}$ であった。

次に材料検査機と富士平式卵殻強度計より得られた卵殻破壊強度と卵殻の厚さ、卵殻破壊強度と鶏卵比重との間の相関係数を算出して比較すると Tab. 4. に示すようである。

両機械による卵殻破壊強度と卵殻の厚さの相関の中で、材料検査機の長径方向加圧の場合の卵殻破壊強度と卵殻の厚さの相関係数を見れば0.42\*\*\*~0.84\*\*\*、材料検査機の短径方向加圧の卵殻破壊強度と卵殻の厚さの相関係数が0.53\*\*\*~0.85\*\*\*であった。また、富士平式卵殻強度計で長径方向加圧の卵殻破壊強度と卵殻の厚さの相関係数は0.44\*\*\*~0.79\*\*\*、富士平式卵殻強度計で短径方向加圧の卵殻破壊強度と卵殻の厚さ

の相関係数は0.50\*\*\*~0.71\*\*\*であった。

両機械とも長径および短径方向より加圧した場合の卵殻破壊強度と卵殻の厚さのいずれの間にも0.1%水準で有意な相関が認められた。

また、両機械による卵殻破壊強度と鶏卵比重の相関において、材料検査機の長径方向加圧の場合の卵殻破壊強度と鶏卵比重の相関係数は0.44\*\*\*~0.74\*\*\*、材料検査機の短径方向加圧の卵殻破壊強度と鶏卵比重の相関係数は0.52\*\*\*~0.73\*\*\*であった。また、富士平式卵殻強度計の長径方向より加圧の卵殻破壊強度と鶏卵比重の相関係数は0.45\*\*\*~0.58\*\*\*、富士平式卵殻強度計の短径方向より加圧の卵殻破壊強度と鶏卵比重の相関係数は0.48\*\*\*~0.64\*\*\*であった。

両機械とも長径方向および短径方向より加圧した場合の卵殻破壊強度と鶏卵比重のいずれの間にも0.1~1%水準で有意な相関が認められた。

## 考 察

まず卵殻の厚さについては、京都府農業指導所で行なわれている採卵鶏の適品種(銘柄)選定試験の銘柄別鶏卵品質調査では、渡辺ら<sup>29)</sup>が300日令で、シェーバー鶏が419 $\mu\text{m}$ 、ハイセックス鶏で406 $\mu\text{m}$ との測定

Table 4. Simple correlation coefficients between the egg shell strength—the egg shell thickness and the egg specific gravity for each trial

Apparatus	Testing machine (Tensilon UTM-4L type)		Fujihira shell strength tester	
	Major axis Pole	Minor axis Equator	Major axis Pole	Minor axis Equator
(egg shell strength—egg shell thickness)				
Trial 1	0.42***	0.67***	0.44***	0.50***
Trial 2	0.71***	0.53***	0.62***	0.59***
Trial 3	0.68***	0.67***	0.74***	0.64***
Trial 4	0.84***	0.83***	0.69***	0.53***
Trial 5	0.82***	0.85***	0.79***	0.71***
(egg shell strength—egg specific gravity)				
Trial 1	0.49***	0.60***	0.52***	0.61***
Trial 2	0.74***	0.52***	0.45**	0.55***
Trial 3	0.66**	0.55***	0.68***	0.66***
Trial 4	0.68***	0.64***	0.53***	0.48***
Trial 5	0.44**	0.73***	0.58***	0.64***

\*\*\*=Significant at 0.1% level.

\*\*=Significant at 1% level.

結果を報告しており、西野ら<sup>30)</sup>は300日令で、ハイセックス鶏で383~397 $\mu$ m、シェーパー鶏で370~402 $\mu$ mと報告している。また、Pottsら<sup>31)</sup>は18週令のワーレン鶏で318~335 $\mu$ m、コメット鶏で312~335 $\mu$ mであったと報告しており、本実験の結果は、それらのほぼ中間の値を示した。次に、鶏卵比重について見ると、Pottsら<sup>31)</sup>はワーレン鶏で1.080~1.083、コメット鶏で1.078~1.082。目加田ら<sup>32)</sup>はシェーパー鶏の13カ月令での試験で1.0802~1.0853と、1.0804~1.0809であったと報告している。筆者ら<sup>33)</sup>の試験の中での結果で、ハイセックス鶏で1.0913、コメット鶏で1.0865であった。鶏卵比重は多くの報告に近い値であると考える。

次に卵殻破壊強度に関して、Pottsら<sup>31)</sup>はワーレン鶏で3.50kg、コメット鶏で3.31kg。同じくPottsら<sup>34)</sup>は、白色卵殻鶏と褐色卵殻鶏各3種合計6鶏種の卵殻破壊強度で3.09~3.74kgであったと報告しており、また、Vandepopuliereら<sup>35)</sup>はEgg shell mealの試験における卵殻破壊強度は2.90~3.00kgと、2.98~3.11kg。Ballら<sup>36)</sup>は、洗卵とOilingの比較試験における卵殻破壊強度は4.33~4.74kgであったと報告している。以上4氏の報告はいずれもInstronによって卵殻破壊強度を測定したものであり、ちなみに、これらの報告の卵殻破壊強度の平均値は3.4 $\pm$ 0.63kg、鶏卵比重は1.0806 $\pm$ 0.00408、卵殻の厚さは326 $\pm$ 13.7 $\mu$ mであった。一方、富士平式卵殻強度計で卵殻破壊

強度を測定した目加田ら<sup>37)38)</sup>、山本ら<sup>39)</sup>、田名部ら<sup>40)</sup>の平均値は2.61 $\pm$ 0.250であり、これらの報告の中で富士平式卵殻強度計の測定値にkgの単位を記入した例についての卵殻破壊強度は2.65 $\pm$ 0.105kgであった。

これらの実験で使用された鶏卵比重の平均値は、1.0800、また、卵殻の厚さの平均値は332 $\mu$ mで、前述のPotts<sup>31)34)</sup>、Vandepopuliere<sup>35)</sup>、Ball<sup>36)</sup>らの試験の鶏卵の卵殻の厚さや鶏卵比重とほとんど差異がないのにもかかわらず、卵殻破壊強度は低い値を示しているようであり、この傾向は本実験においても認められる。本実験で使用した材料検査機による卵殻破壊強度は長径方向又は短径方向加圧ともに富士平式卵殻強度計で測定した記録より高い値を示している。なお、材料検査機の測定記録はFig. 3.に示すようにチャートに破壊強度が自記記録される仕組みになっており、Fig. 3.の左側は同機のロードセルの部分に1kg~5kgの分銅を負荷させた時の記録を示すものであり、負荷重量が正確に記録されている。

材料検査機で卵殻破壊強度を測定した場合、卵殻破壊時の負荷を正確に記録している事実から、富士平式卵殻強度計の測定値の方が実測値より低い値を表示していると考えざるを得ない。

この理由として、材料検査機の場合、ロードセルと鶏卵が接触する時点より記録装置に荷重が記録され、破壊強度も正確に表示されるのに対し、富士平式卵

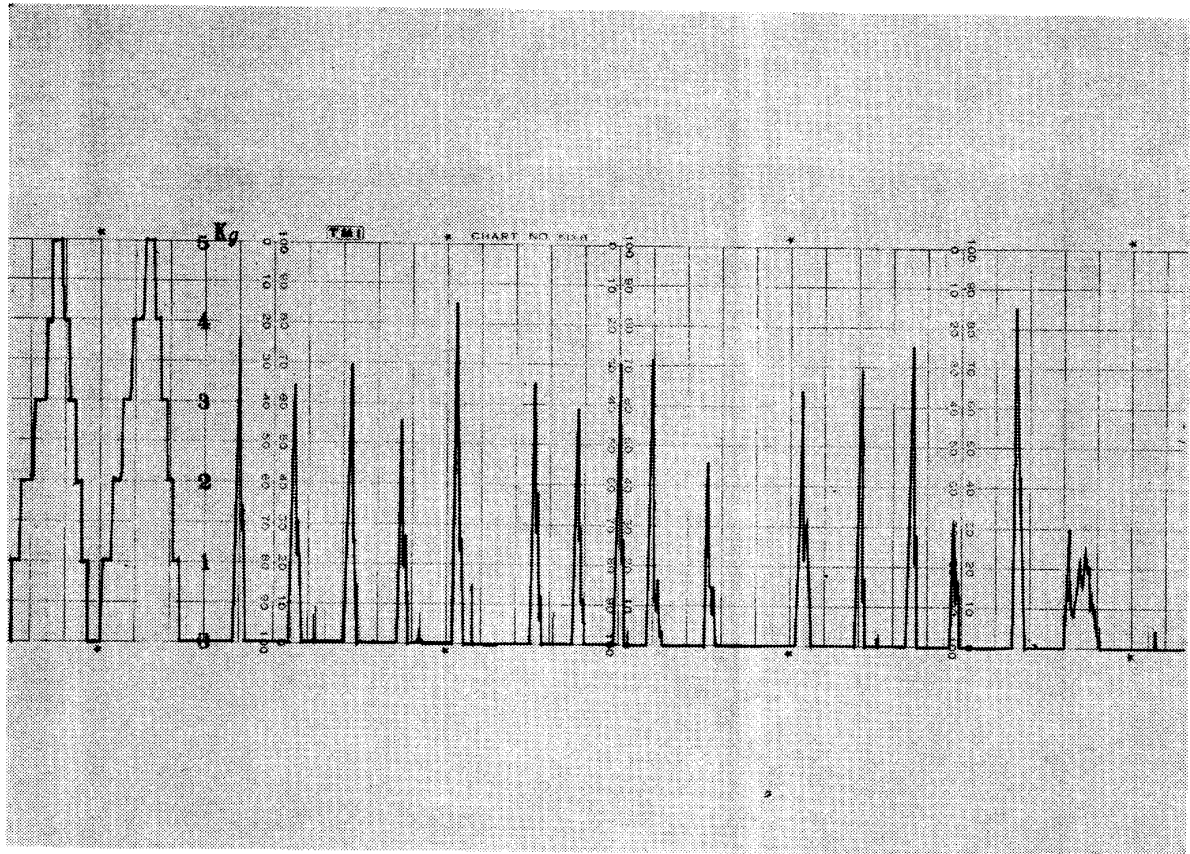


Fig. 3. Recording egg shell strength by Tension UTM-4L.  
(See the text for the explanation of the curves.)

殻強度計の場合は、鶏卵を同機にセットする時、上部の保定ネジを締めて鶏卵を保定し、ゲージをその折に0点に合わせた後、加圧するものである。保定ネジの締め具合で多少加圧された状態であるにもかかわらず0点として卵殻強度計を作動させるため、卵殻が破壊した時は真の加圧値より低い値を示しているものと考えられる。

そこで、材料検査機の測定値と富士平式卵殻強度計の測定値との関係を示すと Fig. 4. と Fig. 5. に示す通りである。これは鶏卵の場合、一度卵殻破壊強度を測定してヒビの入った鶏卵で他の種類の機械でもう一度、卵殻破壊強度を測定する事が出来ないため、各実験(1~5)で各機械、各加圧方向別にデータを分け、その卵殻破壊強度の最低値より最高値に順に並べ、各5個ずつの平均値で両機械の長径方向加圧又は短径方向加圧の時のそれぞれの対応値として図表に記入したものである。

卵殻強度計で長径方向に加圧した場合の卵殻破壊強度  $X_1$  と材料検査機の卵殻破壊強度  $Y_1$  (kg) の間に  $r=0.93$  で0.1%水準で非常に高い相関が認められ、 $X_1$  と  $Y_1$  との間に  $Y_1(\text{kg}) = 0.27 + 1.12X_1$  の回帰式が得られた。

また、富士平式卵殻強度計の短径方向よりの卵殻破壊強度  $X_2$  と材料検査機の卵殻破壊強度  $Y_2$  (kg) の間にも  $r=0.97$  で0.1%水準で非常に有意な相関関係が認められ、 $X_2$  と  $Y_2$  との間に  $Y_2(\text{kg}) = -0.22 + 1.25X_2$  の回帰式が得られた。

本回帰式を利用すれば、kgの単位のない富士平式卵殻強度計で測定した場合でも、本式を利用する事により、より正確な卵殻破壊強度が得られるものと考えられる。

なお、長径方向加圧の場合と短径方向加圧の場合の両者を比較した場合、短径方向加圧の場合の方が相関係数がより高い上に、Fig. 4. および Fig. 5. に示すようにバラツキが少ないようである。この点に関して、Huntら<sup>4)</sup>は、卵殻破壊強度 [Force at failure.(1b.)] と硬さ [Stiffness-slope of compression line (1b./0.01 m)] の関係を調査した報告で、Pole 方向(長径方向)に加圧して得た卵殻破壊強度と硬さの間に  $r=0.6246$ 、Equator 方向(短径方向)に加圧した場合  $r=0.8338$  の相関係数を得ており、したがって、短径方向加圧の卵殻破壊強度の方が高い相関係数を示し、その上、バラツキも小さかったと報告しており、本報告の結果ともよく一致している。

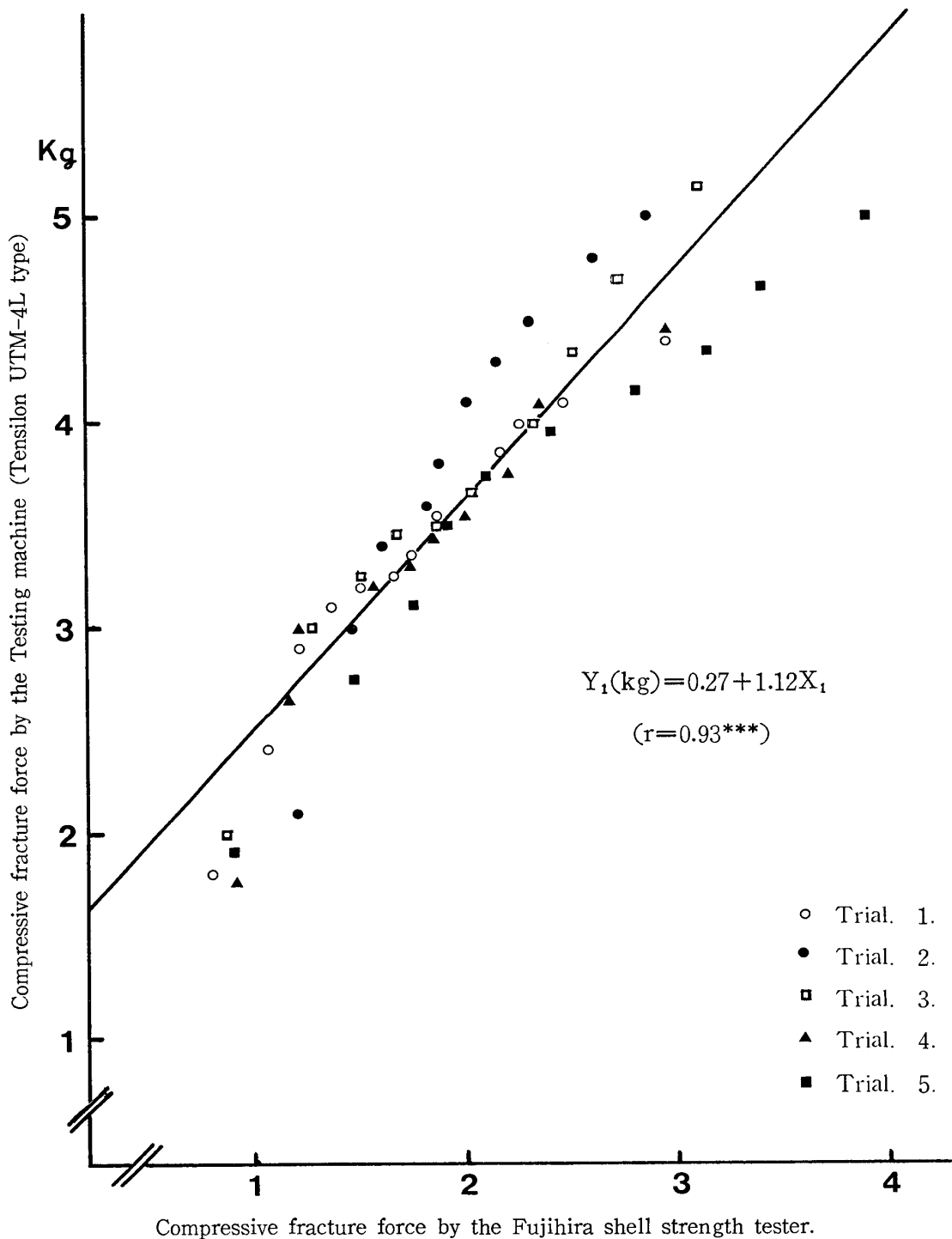


Fig. 4. Relationships between egg shell strengths obtained by Fujihira egg shell strength tester, and by Testing machine (Tensilon UTM 4L). When under compressive force along the direction of the major axis of egg.  
\*\*\* show significance at the 0.1% level.

卵殻の厚さと卵殻破壊強度との間の相関を調査した報告は Huntonら<sup>5)</sup>は  $r=0.64\sim0.66$ , Frankら<sup>42)</sup>は  $r=0.68^{**}\sim0.80^{**}$ , Richardsら<sup>43)</sup>は  $r=0.74^{**}\sim0.76^{**}$ , Tungら<sup>44)</sup>は  $r=0.675$ , Ahmadら<sup>45)</sup>は  $r=0.69$ であると述べている。Morganら<sup>46)</sup>は、鶏卵別に検討した

試験では、白色レグホーン種で  $r=0.493$ , 横班プリマス・ロック種で  $r=0.533$ であるとし、Pottsら<sup>31)</sup>は、褐色卵殻のワーレン鶏で  $r=0.760$ , ハーバード鶏で  $r=0.830$ , 白色卵殻のデカルブ鶏で  $r=0.680$ , バブコック鶏で  $r=0.830$ , そして、ハイライン鶏で  $r=0.640$

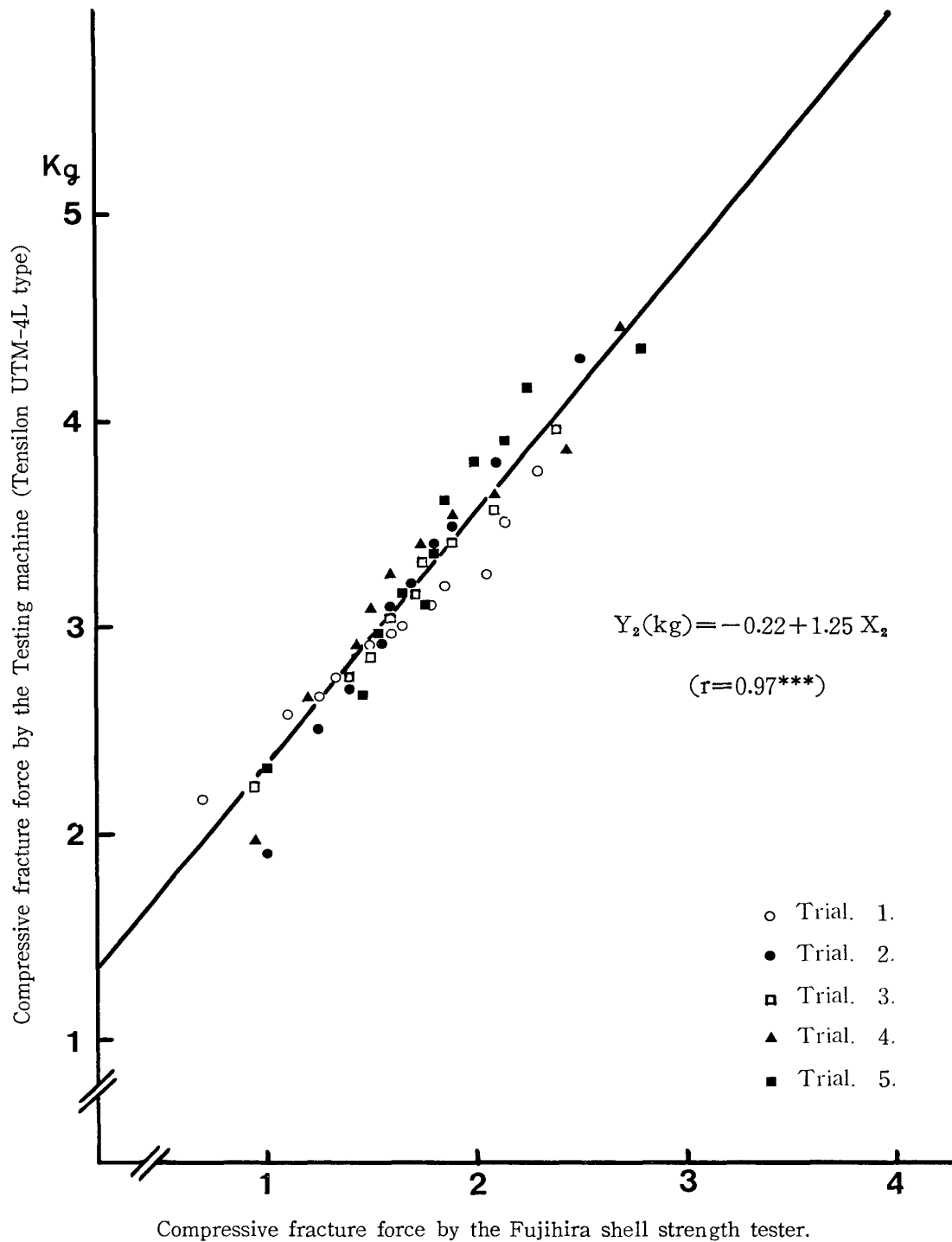


Fig. 5. Relationships between egg shell strengths obtained by Fujihira egg shell strength tester, and by testing machine (Tensilon UTM-4L). When under compressive force along the direction of the minor axis of egg.  
\*\*\* show significance at the 0.1% level.

であるとしている。さらに、Tyler ら<sup>9)</sup>は、卵殻破壊強度を測る場合の加圧方向別の卵殻破壊強度と卵殻の厚さの相関の調査で、長径方向加圧では  $r=0.540\sim 0.740$ 、短径方向では  $r=0.550\sim 0.700$  の結果を報告している。

一方、卵殻破壊強度と鶏卵比重の間の相関を調査した報告では、Frank ら<sup>42)</sup>は  $r=0.54\sim 0.77$  であり、Potts ら<sup>31)</sup>はワーレン鶏で  $r=0.80$ 、ハーバード鶏で  $r=0.75$ 、デカルブ鶏で  $r=0.79$ 、バブコック鶏で  $r=0.72$ 、そしてハイライン鶏で  $r=0.80$  であると述べて



いる。

本実験で使用した材料検査機および富士平式卵殻強度計で測定した卵殻破壊強度と卵殻の厚さ、卵殻破壊強度と鶏卵比重との間の相関関係 (Fig. 4) も前述の多くの報告書とほぼ同じ値を得ており、富士平式卵殻強度計で得た測定値を前述の回帰式に代入し、材料検査機で測定した値 (kg) の近似値を得ることが出来ることから、より正しい卵殻破壊強度値が得られるものと考えられる。

また、卵殻破壊強度を測定する場合の加圧方向についても本実験の結果および Hunt ら<sup>4)</sup>の結果より、短径方向より加圧して卵殻破壊強度を測定する方が、バラツキが少なく、より正しい測定値が得られるものと考えられる。

材料検査機での卵殻破壊強度測定の場合、加圧速度は 0.8cm/min であった。Reace らは<sup>9)</sup> Loading rate を 0.02 in/min~0.5 in/min (0.05 cm/min~1.27 cm/min) にした場合の卵殻破壊強度—卵殻の厚さの相関係数は  $r=0.59\sim0.72$  となり、0.5in/min の場合、最も相関係数が高かったと報告している。富士平式卵殻強度計の場合、加圧を手動で行なうので出来るだけ均一な速度で測定する事が望ましい。

以上述べたごとく、富士平式卵殻強度計で得られた卵殻破壊強度と卵殻の厚さ或いは鶏卵比重との間の相関係数は、材料検査機や Instron で得られた卵殻破壊強度と卵殻の厚さ或いは鶏卵比重との間の相関係数とほとんど変わらない高い相関係数が得られた。しかしながら、富士平式卵殻強度計での測定値は絶対値においてもやや低い値を示しており、また、kg の単位の表示がないので本試験より得られた回帰式を利用すれば、より正確な値が得られるものと期待出来る。その上、富士平式卵殻強度計の重量はわずか 2.2kg で簡便に携帯出来るので、現場における測定には充分利用するものと考えられる。また、卵殻破壊強度にあたり長径方向より加圧する短径方向より加圧して強度を測定する方がバラツキも少なく、他の卵殻諸形質との間の相関もより高い値が得られた事より、卵殻破壊強度の測定は赤道面に対して短径方向より加圧して測定することが望ましいと考える。

本研究遂行にあたり、材料検査機の使用を許可され、多大の便宜を与えていただいた本学農学部林産工学研究室福山萬治郎教授、浦上弘幸助教授ならびに飯田生穂助手に深く謝意を表すものである。

## 引用文献

- 1) Carter, T. C. (1969) : Br. Poult. Sci., 10, 311-319.
- 2) ——— (1971) : ibid., 12, 57-76.
- 3) ——— (1976) : ibid., 17, 199-214.
- 4) James, P. E. and H. J. Retzer (1967) : Poult. Sci., 46, 1200-1202.
- 5) Hunton, P. (1969) : Br. Poult. Sci., 10, 281-289.
- 6) ——— and P. W. Voisey (1972) : ibid., 13, 109-113.
- 7) Place, T. A. and V. P. Eroschenko (1976) : Poult. Sci., 55, 1273-1282.
- 8) Reece, F. N. and B. D. Lott (1976) : ibid., 55, 349-358.
- 9) Tyler, C. and F. H. Geake (1963) : Br. Poult. Sci., 4, 49-61.
- 10) ——— (1964) : ibid., 5, 3-17.
- 11) ——— (1964) : ibid., 5, 19-28.
- 12) ——— (1964) : ibid., 5, 29-35.
- 13) ——— and D. Moor (1965) : ibid., 6, 175-182.
- 14) ——— and J. R. Coudon (1965) : ibid., 6, 327-330.
- 15) ——— and H. P. Thomas (1966) : ibid., 7, 227-238.
- 16) ——— (1961) : ibid., 2, 3-19.
- 17) ——— (1970) : ibid., 11, 45-52.
- 18) Voisey, P. W. (1975) : Poult. Sci., 54, 190-194.
- 19) ——— (1975) : Br. Poult. Sci., 16, 209-212.
- 20) ——— and J. R. Hunt (1967) : ibid., 8, 259-262.
- 21) Voisey, P. W. and J. R. Hunt (1967) : Br. Poult. Sci., 8, 263-271.
- 22) ——— (1967) : ibid., 8, 259-262.
- 23) ——— and R. M. G. Hamilton (1975) : ibid., 16, 461-470.
- 24) ——— (1976) : ibid., 17, 103-124.
- 25) ——— (1977) : Poult. Sci., 56, 1994-2002.
- 26) ——— and D. C. MacDonald (197) : ibid., 57, 860-869.
- 27) ——— and R. M. G. Hamilton and B. K. Thompson (1979) : ibi d., 58, 288-294.
- 28) Wells, R. G. (1966) : Br. Poult. Sci., 8, 193-199.
- 29) 渡辺 弘・西野俊治・山岸源一郎 (1978) 京都府農業指導所養鶏試験部研究報告, 17 : 58-65.
- 30) 西野俊治・渡辺 弘・山岸源一郎・白石正康 (1979) 京都府農業指導所養鶏試験部研究報告, 18 :

- 81-89.
- 31) Potts, P. L. and K. W. Washburn (1974) : *Poult. Sci.*, 53, 1123-1128.
- 32) 目加田博行・林 信義・奥村純一・横田浩臣 (1979) *家禽会誌*, 16 : 200-209.
- 33) 国松 豊・岩井俊暁・吉田重雄 (1978) *家禽会誌*, 15, 秋季大会号 : 80
- 34) Potts, P. L., K. W. Washburn and K. K. Hale (1974) : *Poult. Sci.*, 53, 2167-2174.
- 35) Vandepopuliere, J. M., H. V. Walton and O. J. Cotterill (1975) : *Poult. Sci.*, 54, 131-135.
- 36) Ball, R. F., J. F. Hill, V. Logan and J. Lyman (1976) : *Poult. Sci.*, 55, 335-340.
- 37) 目加田博行・林 信義・奥村純一・横田浩臣 (1976) *家禽会誌*, 13 : 65-69.
- 38) ———— (1976) *家禽会誌*, 16 : 293-297.
- 39) 山本義雄・小田健治・仙田久芳 (1979) *家禽会誌*, 16 : 141-143.
- 40) 田名部尚子・小川宣子 (1979) *家禽会誌*, 16 : 329-336.
- 41) Hunt, J. R. and P. W. Voisey (1966) : *Poult. Sci.*, 45, 1398-1404.
- 42) Frank, F. R., M. H. Swanson and R. E. Burger (1964) : *Poult. Sci.*, 43, 1228-1235.
- 43) Richards J. F. and M. H. Swanson (1965) : *Poult. Sci.*, 44, 1555-1558.
- 44) Tung, M. A., and J. F. Richards (1968) : *Br. Poult. Sci.*, 9, 222-229.
- 45) Ahmad, M. M., G. W. Froning and F. B. Mather (1976) : *Poult. Sci.*, 55, 1282-1289.
- 46) Morgan, C. L. (1932) : *ibid.*, 11, 172-175.

### Summary

The present study was conducted to compare the performances of two apparatuses and the direction of application in measuring egg shell strength.

A total of 1040 eggs, collected from four commercial laying strains which were fed in wire cages, were used in five trials.

Two readings were obtained using two apparatuses in the following: A) a testing machine (Tensilon UTM-4L type) and Fujihira egg shell strength tester. These two readings were made with of the compressive force measuring along the major axis and the minor axis of the egg. Specific gravity of the eggs was determined by immersing them in a series of saline solutions of ranging from 1.060 to 1.115. The average shell thickness of three points at the equatorial region was measured to the nearest 10 $\mu$ .m. using a vice caliper. The shell membranes were removed in this measurement.

All data were subjected to correlation analyses and regression analyses. The results are summarized as follows:

- 1) The egg shell strength measured by the Fujihira shell strength tester was lower than that by the Tensilon UTM-4L.
- 2) The egg shell strength and its coefficients of variation measured along the minor axis were

lower than those along the major axis.

- 3) The correlation coefficients between the shell strength measured by both apparatuses and the shell thickness, ranged from 0.42\*\* to 0.85\*\*\* in all trial, and all values were highly significant.
- 4) The correlation coefficients between shell strength and egg specific gravity, ranged from 0.44\*\*\* to 0.74\*\*\* with all values being highly significant. These correlation coefficients were in good agreement with the data by many other researchers.
- 5) Linear relationship was found between the egg Strength (X) = measured by Fujihira shell strength tester and the egg strength (Y) = measured by Tensilon UTM-4L.
- 6) Regression formulas between those two are as follows:
  - i) Compression along the major axis:
 
$$Y_1(\text{kg}) = 0.27 + 1.12X_1 (r = 0.93^{***})$$
 where  $Y_1(\text{kg})$  = shell strength by the Tensilon UTM-4L,  $X_1$  = shell strength by the Fujihira shell strength tester.
  - ii) Compression along the minor axis:
 
$$Y_2(\text{kg}) = -0.22 + 1.25X_2 (r = 0.97^{***})$$
 where  $Y_2(\text{kg})$  = shell strength by the Tensilon UTM-4L,  $X_2$  = shell strength by the Fujihira shell strength tester.