

ニワトリの性成熟に及ぼす超音波の効果（Ⅰ）

石野 忍

農林水産総合技術センター 養鶏試験場

Effects of Ultrasound on Sexual Maturity in the Domestic Hen (I)

Shinobu Ishino

*Poultry Experiment Station
Wakayama Research Center of Agriculture, Forestry and Fisheries*

緒 言

ニワトリは外耳道が短く（加藤, 1969），外耳道共振振動数が高い位置（7.8kHz）にあること，また音に対する感受性が極めて高い（D. B. Meyer, 1986）ことに着目し，著者はこれまで超音波を含めた高周波を人為的にニワトリに照射し，ニワトリの外耳口を介した中枢神経系への刺激が産卵機能に及ぼす影響を検討してきた。

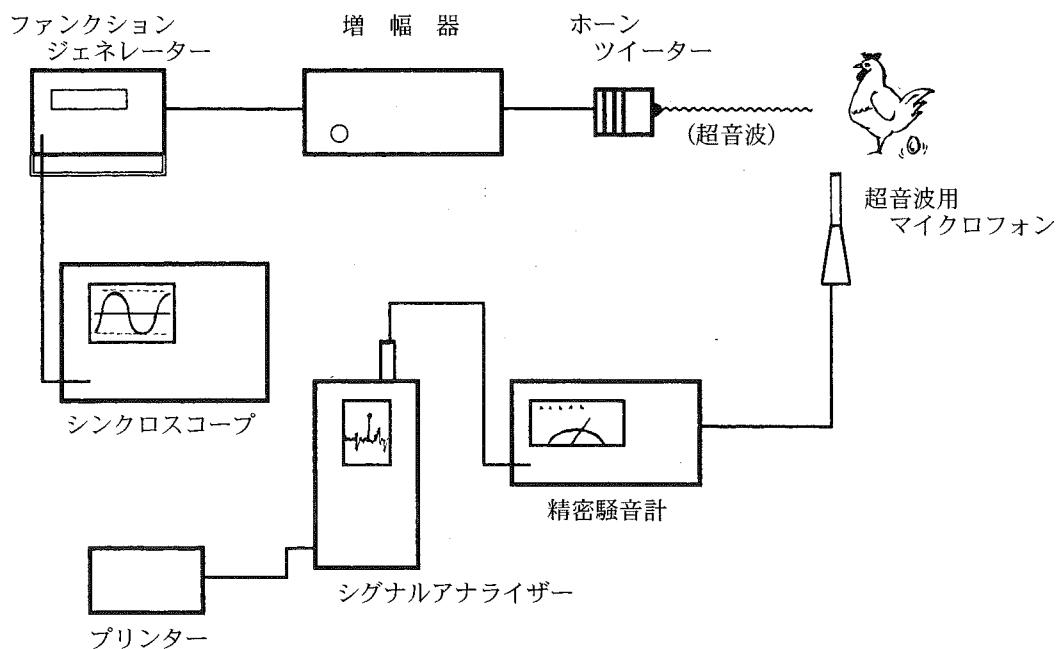
第一回試験ではニワトリの外耳道共振振動数を基準とし，さらに高周波である超音波（25kHz）を産卵期のニワトリに照射した結果，産卵率の向上，卵質（卵殻破壊強度，ハウユニット）の加齢に伴う弱化を防ぐ効果が認められ，超音波が産卵機能に効果的であることを1996年度日本家禽学会春季大会で報告した。また第二回試験では，超音波発振区を3区（25kHz区，30kHz区および40kHz区）設定し，産卵性能の差異が最も小さいと考えられる時期においても有効であるかを検討した結果，第一回試験と同様の効果が見出されたこと，用いた超音波音域間では差異は認められないことが見出されたことから，超音波の照射は産卵機能発現に効果的であることを1997年度日本家禽学会春季大会で報告した。

これらの結果から，超音波がニワトリの産卵機能発現に関する性ステロイドホルモンの動態（森, 1986）に何らかの変化を生じさせたものと推察されるため，本研究においては超音波が若雌鶏における性成熟に及ぼす影響について検討した。

材料および方法

試験期間は1997年6月25日（93日齢）から1997年9月3日（164日齢）までの72日間とし，供試鶏は1997年3月25日発生の白色レグホンの1銘柄を70日齢で導入し，体重の齊一化を図りつつ各区9羽ずつの2区を設けた。供試鶏は単飼ケージ（21.5×45.0cm）に収容し，照明は5時から19時までの14時間明/10時間暗（今井, 1982），照度は40Luxの条件下で飼育した。93日齢から120日齢までは市販配合飼料の大雛用（CP14% ME2,700kcal/kg），121日齢以降は市販配合飼料の成鶏用（CP17% ME2,800kcal/kg）を用い，餌と水は自由摂取とした。

超音波の発振および発振確認方法は，第1図に示した。超音波発振は市販のファンクションジェネレーター（SG4101：岩崎通信）で周波数および波形を設定し，これを増幅器（AU-607HR：山水）を介してオーディオ用ホーンツイーター（T925A：Fostex）に導いた。音圧レベルは使用した増幅器により設定した。ファンクションジェネレーターから発振された周波数，波形および電圧は，シンクロス



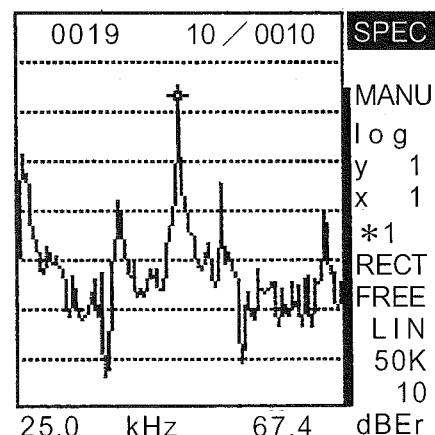
第1図 超音波発振および発振確認方法

（SS-7611：岩崎通信）を用いてモニタリングした。試験室内の超音波発振確認は、収容ケージの中央部で超音波用コンデンサー・マイクロフォン（US-29：RION）により集音し、精密騒音計（NA-40：RION）を介してシグナルアナライザー（SA-77：RION）に導き、シグナルアナライザーが画面上に表示した周波数および音圧レベルをもって確認した。なお、試験中にシグナルアナライザーが表示した超音波の発振状況を第2図に示した。

試験区分は、超音波発振区および無発振の対照区の2区を設け、93日齢より試験区において周波数25kHz、音圧レベル68デシベルの超音波を明期内の10時30分から12時ならびに14時から15時30分までの計3時間を毎日発振した。超音波発振時刻の設定は、性腺刺激ホルモンの下垂体からの放出量は暗期の開始とともに有意に上昇することが報告されている（山本・今井、1993）ため、暗期中に発振することも一方法ではあるが、異分野に属する超音波を取り扱うこと、またこれまで実施した研究結果が有効であったことから、上記時間に設定した。音圧レベルの設定に当たっては、自然界に常在する超音波および試験室内で発生する可聴音のマスキング効果（曾根、1991）を避けるため68デシベル（dB）に設定した。発振した超音波は純音で、安定した波形のサインウェーブを用いた。

産卵性能は個体別初産日齢、各群における50%産卵到達日齢およびその後2週間の産卵を調査した。

卵質検査は、個体毎の初産日、鶏群の産卵率が50%に到達した日および試験終了時（164日齢）に行つた。検査項目は卵の形状（奇形）を判定する卵形係数、卵重、卵白高、濃厚卵白の形態変化に重量変化を組合せ、濃厚卵白の劣化度を表現するためにHaughが誘導した単位である（佐藤泰、1980）ハウ



第2図 シグナルアナライザーが表示した超音波の発振状況

スティープル上のカーソルは周波数25kHz、音圧レベル67.4dBを中心として僅かな幅をもって常に変動する。カーソルより右側に示された波形は、自然界に常在する25kHzから50kHzまでの超音波を捕らえている。

ユニット、卵の赤道面における卵殻破壊強度、卵殻膜を除去した卵殻重量、卵殻密度、卵殻厚、血斑発生率、肉斑発生率および卵黄重量の11項目とした。なお、卵殻破壊強度の測定にはハーディングスター（043：INTESCO）を、卵殻厚測定には卵殻厚測定器（395-741-10：Mitutoyo）を、その他肉眼判定を除く各項目についてはEQMを用いて測定した。

さらに、発振前日およびその後の試験期間を通じて週1回（13時より13時18分までの所要18分）、ヘパリン処理した注射筒を用いて翼下静脈より約2ml採血し、3,000rpmで10分間遠心分離を行って血漿を採取した後、性ステロイドホルモン測定用試料として-23°Cで凍結保存した。プロジェステロン（P₄）およびエストラジオール-17β（E₂）の血漿濃度は酵素免疫測定法（EIA）を用いて測定した。

測定手法は、採取された血漿試料をジエチルエーテルで抽出した後EIA緩衝液で溶解した。さらにE₂においては20倍に希釈し、常法に従ってP₄およびE₂濃度を測定した。

また、試験終了時に卵巣重量、卵胞重量および卵管長を測定した。

結果および考察

各群の50%の個体が初産に達した日齢および最終初産日齢の結果は第1表に、また各群の平均初産日齢および50%産卵到達日齢の結果は第2表に示した。

鶏群中の第1産卵は、発振区が126日齢、対照区が127日齢で、発振区が1日早かった。鶏群中50%の個体が初産に達した日齢は、発振区で136日齢、対照区で144日齢となり、発振区が対照区に比して8日早かった。また、各群の全個体が初産に達した日齢は、発振区で140日齢、対照区で153日齢となり、発振区が対照区に比して13日早かった。

各群の平均初産日齢は、発振区で135.0±1.3日齢、対照区で142.1±2.5日齢となり、両区間に有意な差（P<0.05）が見られた。各群における50%産卵到達日齢は、発振区で141日齢、対照区で145日齢、その差は4日であった。

これらの結果は、超音波がニワトリの性成熟早期化に影響を及ぼしていることを示している。

第1表 各群の個体別産卵の比較

区分	50%産卵到達日齢 ¹⁾ (d.)	全個体産卵到達日齢 ²⁾ (d.)
発振区	136	140
対照区	144	153

1) 供試鶏9羽のうち5羽以上の個体が初産に達した日齢
2) 供試鶏9羽全てが初産に達した日齢

第2表 鶏群の平均初産日齢と50%産卵到達日齢

区分	平均初産日齢 (d.)	50%産卵到達日齢 (d.)
発振区	135.0±1.3 a	141
対照区	142.1±2.5 b	145

MEAN±S.E.M.
異符号間に有意差あり（P<0.05）

各鶏群の50%産卵到達後2週間のヘンディ産卵率、同期間の平均卵重および飼料要求率は、第3表に示した。

ヘンディ産卵率は、発振区が対照区に比して4%高く、同期間中の平均卵重は、対照区が発振区に比して有意（P<0.01）に重い結果であった。

飼料要求率は、発振区が0.17低く、産卵率、飼料要求率ともに産卵鶏において見出された結果と同様の効果が認められた。

卵質検査の結果は、個体毎初産日を第4表に、

第3表 50%産卵到達後2週間の産卵結果と飼料要求率

区分	産卵率 ¹⁾ (%)	平均卵重 (g)	飼料要求率
発振区	83.4±3.7	44.5±0.4 A	2.53
対照区	79.4±4.0	46.5±0.5 B	2.70

MEAN±S.E.M.
異符号間に有意差あり（P<0.01）
1) ヘンディ産卵率

50%産卵到達日を第5表に、その後2週間後（試験終了日）を第6表にそれぞれ示した。

個体毎初産日の結果では、卵形係数を始めとして各項目ともに両区間に著しい差は見られなかった。50%産卵到達日の結果では、卵重に関しては個体毎初産日に比して両区とも増加傾向にあり、その他の項目にあっても両区間に著しい差は見られず、個体毎初産日の結果と類似したものであった。また、試験終了日の結果においても卵重の順調な増加が見られ、その他各項目とも両区間に著しい差はなかった。

第4表 個体の初産日（平均）の卵質比較

区分	卵形係数	卵白高 (mm)	HU	卵殻破壊強度 (kg)	卵殻重量 (g)	卵殻密度 (mg/cm ³)	卵殻厚 (μm)	血斑発生率 (%)	肉斑発生率 (%)
発振区	71.6±1.0	9.0±0.4	99.3±1.6	4.3±0.2	4.3±0.1	79.3±2.0	351.3±8.1	0.0±0.0	0.3±0.2
対照区	73.1±1.9	9.2±0.4	99.3±1.9	4.1±0.3	4.4±0.2	77.4±2.7	342.2±9.7	0.1±0.1	0.2±0.1
MEAN±S.E.M.									

第5表 鶏群の50%産卵到達日の卵質比較

区分	卵形係数	卵白高 (mm)	HU	卵殻破壊強度 (kg)	卵殻重量 (g)	卵殻密度 (mg/cm ³)	卵殻厚 (μm)	血斑発生率 (%)	肉斑発生率 (%)
発振区	73.1±1.0	9.0±0.3	98.2±1.7	4.2±0.3	4.6±0.2	79.4±3.6	349.2±17.3	0.0	0.0
対照区	73.1±1.9	9.2±0.4	103.8±0.4	4.6±0.3	4.6±0.2	81.8±1.6	363.0±9.6	0.0	0.0
MEAN±S.E.M.									

第6表 鶏群の50%産卵到達日2週間後の卵質比較

区分	卵形係数	卵白高 (mm)	HU	卵殻破壊強度 (kg)	卵殻重量 (g)	卵殻密度 (mg/cm ³)	卵殻厚 (μm)	血斑発生率 (%)	肉斑発生率 (%)
発振区	74.9±0.7	8.2±0.4	93.1±2.0	4.1±0.1	4.9±0.2	78.1±2.0	343.3±8.0	0.0	0.0
対照区	72.3±2.3	7.4±0.2	88.4±1.3	4.2±0.2	5.0±0.1	77.9±1.3	344.4±5.1	0.0	0.0
MEAN±S.E.M.									

卵黄重の加齢に伴う推移は第7表に示した。発振区では段階的な増加が見られたのに対し、対照区では試験終了時で急激に増加する傾向が見られた。なお50%産卵到達日では、発振区が対照区に比して0.6g重かった。

以上の結果から、初産の早期化は卵質を低下させるものではないこと、つまり、卵殻形成に関与するエストロジエンおよびアンドロジエン（田名部, 1971）が正常に分泌され機能すること、さらには産卵性能を低下させるものではないことを示している。

試験終了時に実施した卵巢に関する検査結果は、卵巢重量および卵胞を含む重量を第8表に、卵管重量および卵管長を第9表に示した。

卵巢および卵胞を含む総重量は、発振区でいずれも重い傾向が見られた。卵管重量は両区間で差はなかった。卵管長は発振区が僅かに長い傾向であったが、この結果は超音波が作用したものではなく、個体差の範囲（田中, 1994）であると推察される。試験終了後の個体別卵胞重量の結果を第3図に示した。発振区はF-9まで、対照区はF-8まで認められ、重量は各ステージで

第7表 卵黄重量の変化

区分	初産日 (g)	50%産卵到達日 (g)	試験終了時(164d.) (g)
発振区	7.8±0.2	9.1±0.3	11.4±0.2
対照区	8.4±0.3	8.5±0.4	12.1±0.3
MEAN±S.E.M.			

第8表 試験終了後の卵巣重量の比較

区分	卵巣重量 (g)	卵胞を含む卵巣重量 (g)
発振区	6.7±0.6	44.0±3.3
対照区	6.3±0.4	40.1±2.5
MEAN±S.E.M.		

第9表 試験終了後の卵管の比較

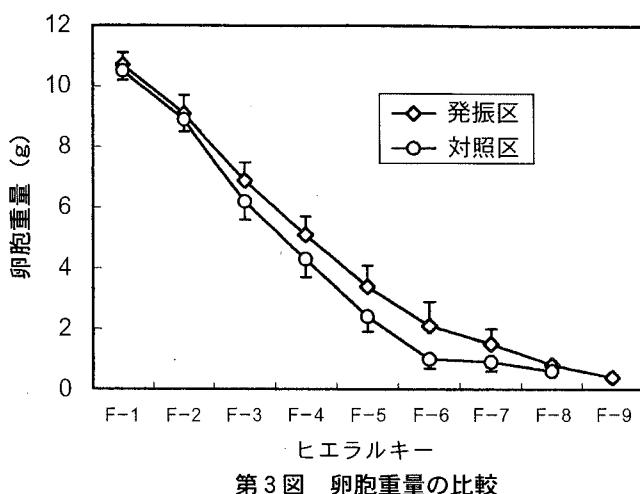
区分	卵管重量 (g)	卵管長 (cm)
発振区	49.4±0.5	70.5±1.3
対照区	47.8±1.2	67.7±1.2
MEAN±S.E.M.		

発振区が対照区を僅かに上回り、対照区に比して緩やかなヒエラルキーの様相を呈した。この結果は、現象面において以降の産卵性能を高める何らかの要素と成りうることが推察される。

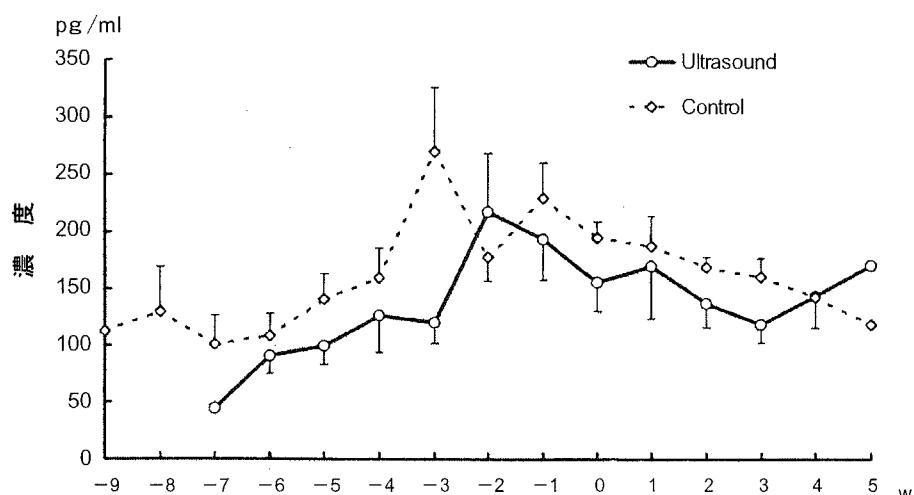
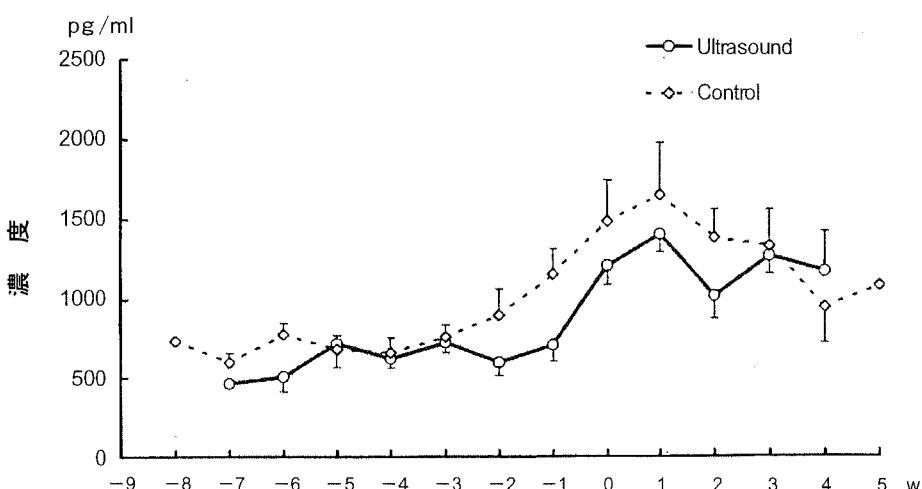
次に、EIAにより測定した血漿Estradiol- 17β (E_2) および血漿Progesterone (P_4) 濃度の初産前および初産後の変化を第4図および第5図に示した。発振区の E_2 濃度は初産2～1週間前にサージ (193.9pg/ml～217.9pg/ml) が、対照区は初産3～1週間前にサージ (270.3pg/ml～229.8pg/ml) が見られた。また P_4 濃度は、発振区が初産0～1週間後にサージ (1,209.6pg/ml～1,405.6pg/ml) が、対照区が初産0～1週間後にサージ (1,487.5pg/ml～1,649.98pg/ml) が見られた。

血漿 E_2 濃度は、多くの鶏で初産前2～3週に上昇するパターンが認められ、一方 P_4 濃度は初産後に増加する変化が見出された。

このような初産に伴うステロイドホルモン分泌に関する変化パターンは以前の報告 (Sharp, 1980) と



第3図 卵胞重量の比較

第4図 初産(0)前および初産後の血漿Estradiol- 17β (E_2) 濃度の変化第5図 初産(0)前および初産後のProgesterone (P_4) 濃度の変化

一致するものであった。また、発振区と対照区のホルモン濃度の変化パターンは同様であった。

これらの結果から、初産日齢が早まれば、これに伴ってステロイドホルモンの分泌も早期に起こることを示している。

摘要

白色レグホンの雌若鶏を用い、性成熟の早期化に及ぼす超音波の効果を検討した。供試鶏は70日齢で購入し、14時間明/10時間暗下で飼育した。試験は93日齢より1日3時間超音波を発振し、初産日齢、その後の産卵性について対照区と比較検討した。鶏群中50%の個体が初産を迎えた日齢（初産日齢）は、発振区が8日早かった。

50%産卵到達日齢は発振区が141日齢、対照区が145日齢であった。これらの結果は、超音波がニワトリの性成熟早期化に影響を及ぼしていることを示している。50%産卵到達日齢後2週間の産卵率は発振区が対照区に比して4%高く、また飼料要求率では0.17低かった。卵重は対照区が重く、卵黄重も0.6g重かった。

試験期間を通じて血漿 Progesterone (P_4) と Estradiol- 17β (E_2) 濃度の推移を EIA により測定した結果、 P_4 レベルは各個体の初産前後に上昇したのに対し、 E_2 濃度は初産の2~3週前に増加した。これら両ホルモンの変化のパターンは発振区と対照区で同様であったので、初産の早まりに伴ってステロイドホルモンの分泌も早期に変化することが認められた。

謝辞

本研究を実施するにあたり、終始にわたりご指導戴いた元日本大学生物資源科学部動物資源科学科教授今井清博士、ステロイドホルモン定量を快く引受け下さった園田豊専任講師に深謝する。

引用文献

- 石野 忍・米田 勝・谷口喜代次・若野憲一郎・今井 清. 1996. 鶏の産卵機能に及ぼす超音波の効果(1). 家禽会誌. 33: 62.
 1996. 鶏の産卵機能に及ぼす超音波の効果(2). 家禽会誌. 34: 23.
- 今井清. 1982. 光環境と産卵. P. 144-158. 田先威和夫・山田行雄・森田琢磨・田中克英編著. 新編
 養鶏ハンドブック. 養賢堂. 東京.
- 加藤嘉太郎. 1969. 家畜比較解剖図説. P. 578-579. 養賢堂. 東京.
- 曾根敏夫. 1991. 音の大きさとマスキング. P. 33-46. くらしと音. 裳華房. 東京.
- 佐藤 泰. 1980. 裸卵の品質検査と品質. P. 111-117. 佐藤泰編著. 食卵の科学と利用. 地球社. 東京.
- 田中克英. 1994. 家禽の繁殖生理. P. 130-131. 入谷明・正木淳二・横山昭編. 最新家畜家禽繁殖学.
 養賢堂. 東京.
- 田中義磨・田中潔. 1992. 科学論文の書き方. 裳華房. 東京.
- 田名部雄一. 1971. 産卵生理. P. 311-338. 鶏の改良と繁殖. 養賢堂. 東京.
- 森 誠. 1986. 家禽の排卵とステロイドホルモン. 家禽会誌. 23: 247-264.
- 山本禎紀・今井清. 1993. 光環境と産卵. P. 157. 田先威和夫・山田行雄・森田琢磨・田中克英編著.
 新編養鶏ハンドブック. 養賢堂. 東京.
- D. B. Meyer. 1986. The avian ear and hearing In 'Avian Physiology, 4th edition (ed P. D. Sturkie)' P. 48 -
 59. Springer-Verlag, N. Y., Berlin, Heidelberg & Tokyo.

Sharp, P. J. 1980. Avian Endocrinology. P. 435—454. Academic Press, New York.

Summary

The present study was conducted to investigate effects of ultrasound on precocious sexual maturity in White Leghorn pullets. Birds were divided into 2 groups at 70d-old and reared in individual cages under 14L/10D. The birds of one group were exposed to ultrasound for 3hr/day from 93d and another group served as control. Age at the onset of lay and egg laying performance afterward were compared between two groups. The age when 50% of individuals revealed the first egg lay was 136d in ultrasound group and 144d in control. The age showing 50% egg laying in each group was 141d and 145d, respectively. Egg production rate during 2wk afterward was 4% higher in the ultrasound comparing with the control. Throughout the experimental period, plasma progesterone(P_4) and estradiol(E_2) concentrations were measured using EIA. Plasma P_4 level elevated around the day of first egg lay, while E_2 increased 2 to 3 weeks before the first lay. The changing patterns of these hormone levels, however, resembled each other in the both of ultrasound and control. These results indicated that ultrasound was effective to induce a precocious sexual maturity in the chickens.

