

ニワトリの屠殺方法における炭酸ガス麻酔とペントバルビタール麻酔の比較

長谷川 剛^{1,2}・山崎 淳²

¹ 福島県食肉衛生検査所, 福島県福島市瀬上町字北沢田 960-0101

² 北里大学獣医学部動物資源科学科, 青森県十和田市東二十三番町 034-8628

食鳥処理の麻酔方法として国際的に認証されつつある炭酸ガス麻酔屠殺法の日本国内での利用について詳細に検証するため、麻酔効果、放血血液量および手羽折れ防止効果について、ペントバルビタール麻酔薬を対照として検討した。食用として屠殺放血するには薬物を使用することはできないことから、自然界に存在し、意識を消失させる麻酔効果のある物質として炭酸ガスを選択した。炭酸ガスの麻酔効果を確認するため、炭酸ガスチャンバーでの炭酸ガス吸入および麻酔薬を投与したプロイラーが麻酔状態になったことを確認したのち、疼痛の有無、両肘関節の骨折と脱臼を調べ、心電図モニターに接続後、放血した。炭酸ガスあるいは麻酔薬の適用後において、両肘関節の骨折と脱臼等の手羽折れ所見は認められなかった。麻酔薬投与後には触診で呼吸運動が微かに感じられたが、炭酸ガス適用後には感じられなかった。心電図モニターにおいて、麻酔薬麻酔では基線の動揺を認めたが、炭酸ガス麻酔では認められなかった。また、放血された血液量に差は認められなかった。心電図所見による放血開始から心停止までの時間は麻酔薬麻酔に比べ炭酸ガス麻酔では有意に短く、心室性期外収縮の発現は麻酔薬麻酔で 260 ± 100 秒、炭酸ガス麻酔では認められなかった。P 波の消失時間は炭酸ガス麻酔では短縮した。プロイラーにおける炭酸ガス麻酔は麻酔効果を有していたが、心筋および呼吸抑制に影響していると考えられた。以上のことから、プロイラーにおける炭酸ガス麻酔による特徴が明らかとなり、麻酔効果および放血血液量から、屠殺放血方法として十分対応可能な方法であることが示された。

キーワード: 食鳥処理, 屠殺方法, 炭酸ガス麻酔, 心電図

緒 言

近年、世界的にアニマルウェルフェアの導入が食用動物においても叫ばれている。欧米では法律や規則により、動物を無意識の状態に屠殺しなければならないと規定されていることから、鶏においては電気的、機械的あるいは他の方法で気絶させる方法が導入されている (Raj, 1998; American Veterinary medical Association (AVMA), 2001; European Food Safety Authority (EFSA), 2004; International Office of Epizootics (OIE), 2013)。しかし、我が国には食鳥処理方法に関する規定や法律、規則等はなく、処理条件については経験的に調整しているのが現状である。我が国において、牛の屠殺方法と肉質に関しては渡辺ら (1992)、鶏に関しては根岸と吉川 (1994)、Iwamoto *et al.* (2002) の研究報告はあるが、食鳥処理施設における屠殺放血方法の研究報告は少ない。

アニマルウェルフェア、動物福祉や動物愛護思想の普及が活発になり家畜の飼育管理において活発になり (社団法人畜産技術協会, 2011)、動物の殺処分に対する関心も高まり、動物の屠殺 (屠

畜) 工程においてもストレスの軽減を目的に豚の屠畜前失神法として「炭酸ガス麻酔屠殺法」が導入され始めているが、今だ、導入処理施設の数はいくつか少ない。一方、わが国の食鳥処理の現状を鑑みて、国際的視点からも今後普及すべきと考えられる炭酸ガス麻酔屠殺法はいまだ十分にその有用性が認識され、適用されているとはいえない。少なくとも、麻酔という方法を応用することで動物の苦痛が軽減されるという点から、動物愛護の問題対応は現実には近づいているといえるが、現状では「麻酔」法が十分な放血状況を得て、良質な肉質の確保に繋がる屠殺となり得るかどうかについての十分な検討がなされていない。ガス麻酔という概念を考慮するならば、炭酸ガス麻酔屠殺法は、無痛 (痛覚の消失) 催眠 (意識の消失) および筋弛緩の3大効果を期待することができるため、そのような麻酔状態において放血から失血死までの屠殺手技がどのように遂行されるべきかの方法論に着目した。すでに国際的に認証されつつある炭酸ガス麻酔屠殺法の日本国内への導入を念頭に、それを詳細に検証することを目的として、同じ麻酔法の注射麻酔薬を用いた場合と比較してその効果を検討することとした。

今回、炭酸ガス麻酔屠殺法について検討を要すると考えられた問題としては、①十分な麻酔効果があるかどうか、また、その適用に条件はあるか、②肉質に関わる問題として放血血液量と手羽折れ防止効果があるか、③無痛、催眠、筋弛緩の効果が明確なペントバルビタール麻酔屠殺法を対照としての、心電図モニター所

2014年7月17日受付, 2015年2月9日受理
連絡者: 長谷川 剛
〒034-8628 青森県十和田市東二十三番町 35-1
Tel: 0176-23-4371
Fax: 0176-23-8703
E-mail: ybdsp510@ybb.ne.jp

見を用いた心機能へ与える影響の詳細の三点である。

材 料 と 方 法

1. 供試鶏，麻酔および屠殺放血方法

供試鶏は、ブロイラーチキン、コブ種 16羽、性別は雄2羽、雌14羽、日齢は34～53日齢、体重1,400～2,895gで臨床所見により異常のないものを使用した。供試鶏は性別・体重を考慮して8羽ずつ2群に分け、屠殺放血する前に意識を消失する2方法として、以下に示す処置をおこなった。麻酔薬を使用した麻酔薬屠殺放血方法では、ペントバルビタール注射薬（商品名“ネプタール”アボットラボラトリーズ製、以下ペントバルビタール）70mg/kg体重をブロイラーの腹腔内に投与し、麻酔状態は眼瞼刺激および蹠掌部を鉗子で摘み、眼瞼反射と疼痛反射により確認した。反射が認められる場合は25mg/kg体重の追加投与をおこなった。

ガス麻酔屠殺放血方法では、炭酸ガスを流入し飽和状態にした炭酸ガス麻酔用ボックス（345×510mm、高さ333mm）内にブロイラーを入れ、炭酸ガス注流量を20L/分に設定し、炭酸ガスをボックス内に流し入れ、約40秒後、不動化したブロイラーの蹠掌部を鉗子で摘み、疼痛反射のないことを確認し麻酔状態とした。

麻酔下状態で左右の肘関節を触診し、骨折・脱臼・開放性脱臼などの確認をおこなった。

麻酔状態のブロイラーは中足骨部を固定し、逆さ吊りにした状態で、右側下顎部頸動脈切開による通常の食鳥処理方法に準じて放血した。

2. 心電図記録および電極装着部位

心電図記録および電極装着部位は熱ペン記録式三素子式心電計（（株）フクダ電子 東京都）を用い、紙送り速度25あるいは50mm/秒、標準感度10mm/mVとして、標準肢誘導の第Ⅰ、第Ⅱおよび第Ⅲ誘導により連続記録した（向井ら、1996）。

なお、電極は動物用針電極を使用し、両翼並びに両踵部に刺入し誘導電極として測定した。

3. 放血血液の採取

右側下顎部頸動脈切開部位の羽毛を剃毛し、頸動脈切開後、流出する血液をブロイラー頭部の下に大型ロートを設置して全量採取した。血液は両方法とも、逆さ吊り状態で切開後、600秒間にわたり採取し、重量（g/kg生体重）で示した。放血量の判定は体重×1/26を100%として%レベルで比較検討した。

4. 統計処理

得られた値の統計処理には、統計演算プログラム（山崎と奥秋、2004）を用い、値は平均値±標準偏差で表わし、student's *t*-testにより二つの屠殺法の比較をおこなった。

結 果

1. 麻酔薬屠殺方法とガス麻酔屠殺法の麻酔効果

麻酔薬屠殺方法群（*n*=8）の7羽、ガス麻酔屠殺方法群（*n*=8）の8羽において、麻酔状態は蹠掌部を鉗子で摘む痛覚反応と眼瞼刺激による眼瞼反応、および麻酔後の触診により、眼瞼反射と疼痛反射、および硬直は認めなかったが、麻酔薬屠殺方法群の1例

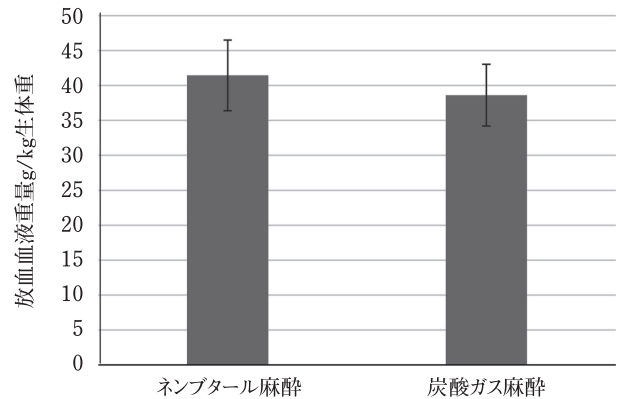


図 1. 放血方法による血液排出量の比較
炭酸ガス麻酔放血法（*n*=7）ネプタール麻酔放血法（*n*=6）平均値±標準偏差、Student's *t*-testにより有意差検定したが有意差は認められなかった。

で疼痛反応が見られたことからペントバルビタール25mg/kg体重を1回追加投与した。

2. 麻酔薬屠殺方法とガス麻酔屠殺方法の手羽折れ所見

麻酔薬屠殺方法（*n*=8）およびガス麻酔屠殺方法（*n*=8）両群全羽の両翼を触診したが、手羽折れの所見は認められなかった。目視による心拍および呼吸運動の観察において、麻酔薬屠殺方法では呼吸運動をわずかに感じられたが、心拍はまったく感じられなかった。ガス麻酔屠殺方法では両項目とも観察できなかった。

3. 麻酔薬屠殺方法とガス麻酔屠殺方法の放血血液量の比較

放血血液量は麻酔薬屠殺群においては、41.5±5.1g/kg体重（*n*=6）、炭酸ガス麻酔屠殺群では38.6±4.4g/kg体重（*n*=7）であり、有意差は見られなかった（図1）。

麻酔薬屠殺群では6例中5例が100%以上であり、平均値および標準偏差は103±8%であり、ガス麻酔屠殺群では7例中1例が100%を超え、全体の平均値および標準偏差は100±11%であった。

4. 麻酔薬屠殺方法とガス麻酔屠殺方法の心電図モニター所見について

1) 心停止までの時間

麻酔薬屠殺方法はペントバルビタール麻酔後、逆さ吊りの状態で心電図測定し、標準肢誘導の第Ⅲ誘導においてP、QRS群、Tの各波形が描出され、陰性P、rS、陽性Tを示した（図2）。

麻酔薬屠殺方法における経時的な心拍数変化は、放血開始直後から若干の頻脈傾向を示し、その後、除脈に転じた。500秒前後に一時的な心拍の増加を示したのちに停止した。心筋が脱分極し収縮する波形であるQRS群の消失時を心停止とし、放血開始からそれまでの時間を心停止時間とした。麻酔薬屠殺法における心停止時間は590±100秒（*n*=8）であった。ガス麻酔屠殺法においては、懸吊心電図測定時にすでに徐脈傾向を示し、放血開始後、若干の増減が認められたが、短時間で停止し、心停止時間は290±190秒（*n*=8）であった。麻酔薬屠殺方法とガス麻酔屠殺方法の心停止時間に有意差（*P*<0.01）が認められた（図5）。

2) 心室性期外収縮の発現時間

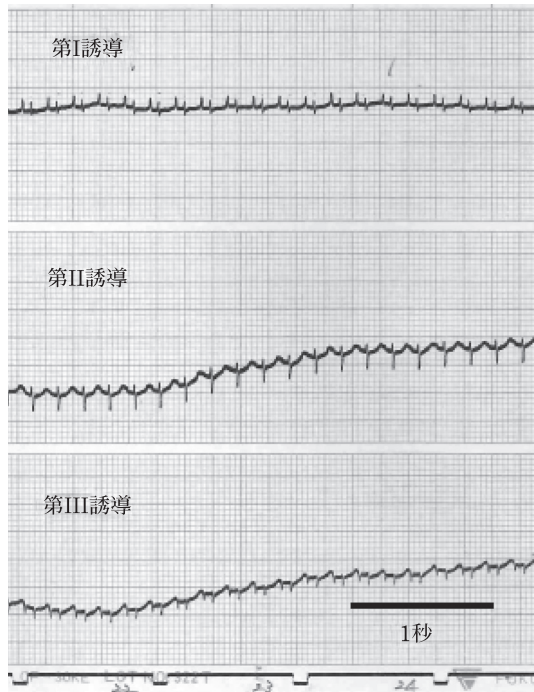


図 2. ブロイラー正常心電図
ネブタールで麻酔し逆さ釣りの状態で心電図測定
心拍数は 72 回/分で、標準肢誘導第Ⅲ誘導で P, QRS, T が描出され、陰性 P 波, rS, 陽性 T 波を示した。

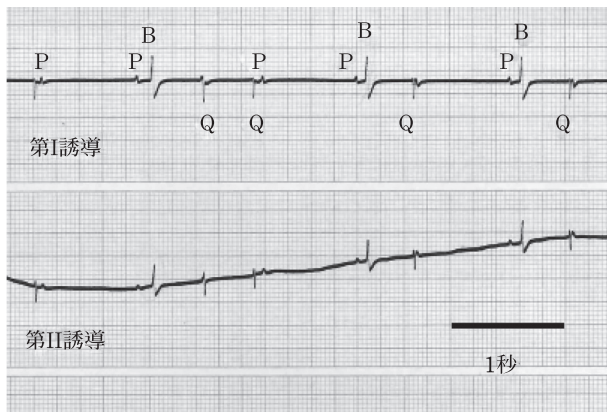


図 3. ブロイラーをネブタールで麻酔した後、放血開始 520 秒後の心電図変化
P 波 (P) と QRS 群 (Q) が不規則に描出され、房室解離を示した。
心室性期外収縮 (B) が出現した。

心室性期外収縮 (図 3) は興奮刺激の発生 (洞結節からの刺激の発生), 刺激伝導系 (洞結節からプルキンエ線維までの特殊伝導組織), 心筋の興奮性, 不応期に異常をきたす場合に出現し, 送り出される血液量が減少し, 血圧が低下するといわれている (高橋, 1969)。心室性期外収縮発現時間は, 麻酔薬屠殺法では放血後 260

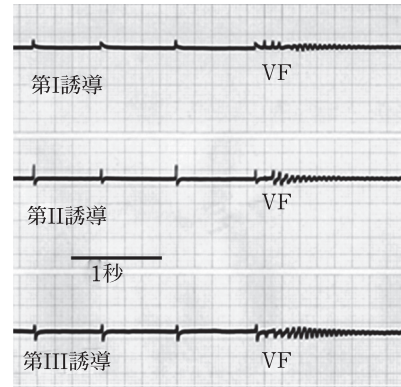


図 4. ガス麻酔屠殺法で認められた心室細動 (VF) の心電図波形

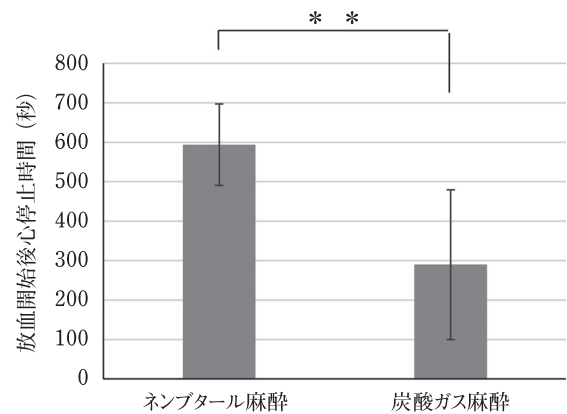


図 5. 麻酔薬屠殺法とガス麻酔屠殺法での放血開始から心停止までの時間の比較
ネブタール麻酔 (n=8) 炭酸ガス麻酔 (n=8) 平均値±標準偏差
(** : P<0.01)

±100 秒 (n=6) であったが, ガス麻酔屠殺法では心電図上に心室性期外収縮とみなされる波形の発現は確認できなかった。

3) P 波の消失時間

P 波の消失は洞結節からの刺激生成またはペースメーカー活動の消失を意味し, P 波の消失時間 (図 3) は, 麻酔薬屠殺法で放血後 290±140 秒 (n=6), ガス麻酔屠殺法で放血後 70±44 秒 (n=7) であった。心停止する直前に心室細動 (図 4) の出現が多く, その発現時間は麻酔薬屠殺法で放血後 480±90 秒 (n=2), ガス麻酔屠殺法で放血後 180±34 秒 (n=7) であった。

麻酔薬屠殺法では 4 例で規則的に微細な心筋自動が見られたのちに停止した。

考 察

炭酸ガス麻酔したブロイラーはボックス内で数回, 翼をバタつ

させる翼騒反応 (Wing Flapping Reaction, 以下 WFR) を呈したが、放血を開始してから翼騒反応は出現せず、手羽折れの所見である開放性脱臼は認められなかった。また、麻酔薬で麻酔したブロイラーも放血開始 100 秒前後において翼をバタつかせたが肘関節脱臼に至らなかった。両処置ともに麻酔作用による筋弛緩作用が働き、関節脱臼に至るほどの強い動きが生じなかったものと考えられた。今回みられた翼騒反応の発生時間帯を通常の屠殺工程 (長谷川, 2014) に当てはめると放血処置段階に相当した。しかし、両麻酔屠殺法において、翼騒反応の出現時間に違いが見られたことから、翼騒反応の原因については呼吸抑制や停止との関係を検討しなければならないと考えられた。

Practical Meat Inspection (Wilson, 1985) では、通常の放血血液量は概ね体重の 1/26 重量としているが、麻酔薬屠殺群とガス麻酔屠殺群の放血血液量はともに 100% を超え有意差は見られなかった。

本研究の放血血液量実測値は麻酔薬屠殺法においては 41.5 ± 5.1 g/kg 生体重、炭酸ガス麻酔屠殺群では 38.6 ± 4.4 g/kg 生体重であり、Raj and Gregory (1991) による放血開始後 140 秒での放血血液量が $30 \sim 33$ g/kg 生体重であったとの報告より大きな値を示した。本実験での放血血液量の測定は放血開始後 600 秒までの測定であり、長時間の懸吊により、より多くの血液が物理的に排出されたものと考えられた。

炭酸ガスによって意識を消失させるガス麻酔屠殺法と対照として麻酔薬を投与し屠殺した麻酔薬屠殺法を心電図により比較したところ、麻酔法の違いにより麻酔状態が異なることが明瞭となった。心停止時間は麻酔薬屠殺法においては概ね 600 秒であったが、ガス麻酔屠殺法では 250 秒であり、炭酸ガスに暴露された場合は、短縮する傾向が認められ、麻酔薬屠殺方法とガス麻酔屠殺方法の心停止時間に有意差が認められた。これはガス麻酔屠殺法では放血開始時点ですでに心機能が低下していることによるものと考えられた。

心室性期外収縮発現時間は、麻酔薬屠殺法では放血後 260 ± 100 秒 ($n=6$) であったが、ガス麻酔屠殺法では心電図上に心室性期外収縮とみなされる波形の発現は確認できなかった。これはガス麻酔チャンパー内ですでに心室性期外収縮が発生し、放血開始時点では刺激伝導系が破綻し、心室筋の独立した刺激収縮運動が強く心電図上に現れたものと考えられた。

P 波の消失は洞結節からの刺激生成またはペースメーカー活動の消失を意味し、P 波の消失時間は、麻酔薬屠殺法で放血後 290 ± 140 秒 ($n=6$)、ガス麻酔屠殺法で放血後 70 ± 44 秒 ($n=7$) であった。心停止する直前に心室細動 (図 4) の出現が多くの個体で認められ、その発現時間はガス麻酔屠殺法で放血後 180 ± 34 秒 ($n=7$) であった。麻酔薬屠殺法では心拍数が放血開始時に $300 \sim 400$ 回/min であったが、ガス麻酔屠殺法では 200 回/分以下の除脈を呈した。これらのことから炭酸ガス麻酔は心機能を抑制する作用を有し、心停止に至るまでの時間に差が認められた要因であるものと思われた。

心室性期外収縮は興奮刺激の発生 (洞結節からの刺激の発生)、刺激伝道系 (洞結節からプルキンエ線維までの特殊伝導組織)、心筋の興奮性、不応期に異常をきたす場合に出現し、送り出される

血液量が減少し、血圧が低下するといわれている (高橋, 1969)。また、自然発生性の不整脈・心室性期外収縮については、向井ら (1996) の 7 か月齢～12 か月齢のロードアイランドレッド種に観察されたとの報告があるが、2 か月齢以内のブロイラー鶏に自然発生性の不整脈・心室性期外収縮が発生したとは考えにくく、麻酔薬屠殺法において認められた不整脈・期外収縮は心電図所見から循環血液の喪失による心機能変化と考えられた。

麻酔薬屠殺法と比較し、ガス麻酔屠殺法は心室性期外収縮、P 波の消失発現時間、放血開始時の心拍数が短縮もしくは減少する傾向を示した。また、連続測定した心電図所見で、麻酔薬屠殺法では呼吸性アーチファクトが認められたが、ガス麻酔屠殺法では描出されなかった。このことから呼吸抑制・停止が循環血液の喪失よりもより早い段階で心機能に影響していると思われ、今後、詳細に検討する必要があると考えられた。

以上のことから、ブロイラーにおける炭酸ガス麻酔による特徴が明らかとなり、麻酔効果および放血血液量から、屠殺法としては十分対応可能な方法と考えられた。しかし、炭酸ガス麻酔屠殺法において、心停止時間および P 波の消失時間の短縮が認められたことから、呼吸が心臓機能に関与していることが疑われた。今後、炭酸ガス濃度や吸入方法など、より適切な方法について検討しなければならない。

経済的には、わが国の食鳥処理施設は中小規模が多いことから、炭酸ガス麻酔による屠殺法の導入は設備投資や炭酸ガスのコストが問題となると考えられる。しかし、近年では動物福祉の考え方の導入が飼育管理のみならず屠殺法にまで及んでいることから、国際的に認証されつつある炭酸ガス麻酔屠殺法の導入が急務であると考えられる。

したがって、今後、炭酸ガス麻酔屠殺法の食鳥処理への普及について、十分に検討すべき課題であると考えられた。

引用文献

- American Veterinary medical Association (AVMA). 2000 Report of the AVMA Panel on Euthanasia. Journal of the American Veterinary Medical Association, 218 : 669-696. 2001.
- European Food Safety Authority (EFSA). AW/04-027 Welfare aspects of animal stunning killing methods. [homepage on the internet]. European Food Safety Authority (EFSA-Q-2003-093) Parma, Italia. 2004. [cited 10 December 2012]. Available from URL : http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/opinion_ahaw
- 長谷川 剛. 放血中におけるブロイラー反応の心電図学的検討. 日本畜産学会報, 85 : 337-343. 2014.
- International Office of Epizootics (OIE). Terrestrial Animal Health Code 1 CHAPTER 7.5. SLAUGHTER OF ANIMALS Article 7. 5.1.1-20 75017 Paris, France 2013 [cited 10 May 2014]. Available from URL : http://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahc/
- Iwamoto H, Ooga T, Morita T, Miyata H, Matsuzaki M, Nishimura S and Tabata S. Comparison of histological and histochemical properties of skeletal muscles between carbon dioxide and electrical stunned chickens. British Poultry Science, 43 : 551-559. 2002.
- Raj ABM. Welfare during stunning and slaughter of poultry.

- Poultry Science, 77 : 1815-1819. 1998.
- Raj ABM and Gregory NG. Efficiency of bleeding of broilers after gaseous or electrical stunning. Veterinary Record, 128 : 127-128. 1991.
- 向井 真・町田 登・西村昌晃・中村 孝・桐生啓治. ロードアイランドレッド種鶏における自然発生性不整脈および壁内冠動脈病変の出現時期. 動物の循環器, 29 : 91-98. 1996.
- 根岸春夫・吉川純夫. 鶏肉工場で屠殺後処理中の鶏胸肉の物理化学的性質の変化. 日本畜産学会報, 65 : 738-745. 1994.
- 社団法人畜産技術協会. アニマルウェルフェアの考え方に対応したブロイラーの飼養管理指針. 平成 23 年 3 月, 社団法人畜産技術協会. 東京. 2011.
- 高橋 貢. 犬の臨床心電図. 家畜の心電図, 2 : 35-56. 1969.
- 渡辺 彰・佐藤 博・常石英作・松本光人・滝本勇治. 牛の屠殺方法が各種筋肉の pH 及び ATP-関連化合物の死後変化に及ぼす影響. 日本畜産学会報, 63 : 935-941. 1992.
- Wilson A. Practical Meat Inspection 4th edition. pp. 229-270. Blackwell Scientific Publications. London. 1985.
- 山崎信也・奥秋 晟. なるほど統計学とおどろき Excel[®] 統計処理. 第 4 版. 73-97 頁. 医学図書出版, 東京. 2004.

Comparison Between Carbon Dioxide Anesthesia and Pentobarbital Anesthesia as the Chicken Slaughter Method

Tsuyoshi Hasegawa^{1,2} and Atusi Yamazaki²

¹ Meat Hygiene Inspection Office Fukushima prefecture, Fukushima 960-0101

² School of Veterinary Medicine, Kitasato University, Towada, Aomori 034-8628

In this paper, we examined in detail an internationally certified slaughter method that uses carbon dioxide anesthesia, aiming to promote its application in poultry processing facilities in Japan. To examine the suitability of using carbon dioxide, which is naturally available and has been approved for use in animal slaughter for meat, as an anesthetic agent and evaluate its effects on the quality of meat, we examined the exsanguinated blood volume and the effectiveness of carbon dioxide in preventing broken wings in comparison to the anesthetic agent pentobarbital. After the broilers administered carbon dioxide in a gas chamber or administered pentobarbital were confirmed to be anesthetized, the presence of nociception in addition to fractures and dislocations of the elbow joints was evaluated to confirm the anesthetic effect of carbon dioxide. The broilers were then connected to an electrocardiogram monitor before being exsanguinated. Fractures and dislocations of the elbow joints were not observed in the broilers after anesthetization by carbon dioxide and pentobarbital. With pentobarbital, the broilers showed random oscillation of the baseline on the electrocardiogram monitor, possibly because of respiration; however, such oscillation was not observed with carbon dioxide anesthesia. No difference was observed in the exsanguinated blood volume. However, a significant difference was observed between the two anesthetic methods in terms of the time between the start of exsanguination and cardiac arrest; the development of premature ventricular contractions was observed at 260 ± 100 seconds with pentobarbital but did not occur with carbon dioxide anesthesia. With carbon dioxide anesthesia, the time before the disappearance of the P wave was shortened. These findings demonstrate the characteristics of carbon dioxide anesthesia used in broilers and, based on the anesthetic effect and exsanguinated blood volume, indicate that it is a satisfactory method for animal slaughtering and exsanguination.

(*Japanese Journal of Poultry Science*, 52 : J43-J47, 2015)

Key words : carbon dioxide anesthesia, chicken slaughter method, electrocardiogram, poultry processing process