

## 〔 大 学 院 博 士 論 文 要 旨 〕

## 課 程 栄養学専攻

## 1. 中高年女性を対象とした6カ月間の食生活・運動介入プログラムにおける生活習慣病及びフレイル関連検査値に対する「食行動スコア」の影響

新 出 真 理

## 【背景と目的】

日本人女性は、年齢と共に体重や体脂肪が増加するため、肥満に至る前から体重や体脂肪率を適正範囲内に調整する必要がある。一方、体重や体脂肪率の減量時には骨密度やLBM、アルブミンが減少するリスクがある。骨密度やアルブミンはフレイル（低栄養）との関連が報告されているため、体重や体脂肪減量を指導する時には、フレイル予防のために骨密度や血清アルブミン値が減少しない指導が必要である。

肥満症の行動療法における有用な治療技法として、食行動質問票が肥満症治療／診療ガイドライン（肥満症GL）に掲載されており、本学栄養クリニックのヘルシーダイエットコース（HDコース）では、この食行動質問票の旧版を修正して用いている。先行研究ではこの食行動質問票による食行動スコアと肥満に関連する血圧・糖代謝・脂質代謝検査値等との関連を検討した報告はあるが、近年増加している脂肪肝や、フレイル（低栄養）予防に関連する骨密度やLBM、血清アルブミン値との関連を検討した報告はない。また、各食行動領域のスコアを合計した食行動スコア「合計」の意義の検討もない。そこで、本研究の目的は、6カ月間の食生活・運動介入プログラムに参加した中高年女性を対象に、介入前後に得られた食行動スコアの変化と、肥満に関連する糖代謝等に加え、肝機能検査値（脂肪肝）や尿酸値、またフレイル（低栄養）予防に関連する骨密度やLBM、アルブミン値との関連を縦断研究から明らかにすることである。また、本研究で用いた食行動スコアの普遍性を検討するために、肥満症GLから得られる食行動スコアとの関連性及び食行動スコア「合計」の意義を検討する。

## 第一章

## 【方法】

対象者は、2013～2017年度開催のHDコース受講者延べ145名のうち、41名を除外した104名を解析対象者とした。除外基準は、男性、後期高齢者、BMI 18.5未満の者、服薬変更者等である。解析に用いた食行動スコアは、栄養クリニックの自記式食行動質問票から得た。食行動スコアとの関連を解析した身体所見は体重、BMI、ウエスト周囲長、体脂肪率、体脂肪量、LBM、骨密度、Tスコア（若年比骨密度）、血圧である。血液データは、糖代謝

（FPG, HbA1c, HOMA-R）、脂質代謝（TG, LDL-C, HDL-C, nonHDL-C, TC）、肝機能（AST, ALT, ChE,  $\gamma$ GT）、尿酸、栄養状態（Alb）である。解析は、全例の検討では、食行動スコア、身体所見及び血液データの介入前後の比較と変化量間の偏相関分析を行った。また、体重・体脂肪量、LBM, ChE,  $\gamma$ GT, 尿酸・Albの変化量を目的変数とし、食行動スコア「1. 体質認識」から「7. リズム異常」の変化量と年齢、閉経の有無、HDコースの開催時期を説明変数とした重回帰分析（stepwise法）を行った。食行動スコア1～7に「8. 合計」を代入した検討も行った。

## 【結果及び考察】

介入前後で、肥満関連の身体所見、血液データは有意な改善を認めた。食行動スコアは「1. 体質認識」、「2. 空腹感・食動機」を除いた6領域で有意な改善を認めた。肥満関連の身体所見、血液データの介入前後の変化量は、「1. 体質認識」、「2. 空腹感・食動機」を除いた6領域の食行動スコア変化量と有意な偏相関がみられた。重回帰分析では、偏相関から得られた結果と同様に、体重・LBMでは「3. 代理摂食」と、体脂肪量とアルブミンでは「4. 満腹感覚」と、尿酸では「5. 食べ方」との有意関連性が示された。ChEと $\gamma$ GTでは食行動ではなく $\Delta$ BMIと介入した季節の有意関連性が示された。食行動スコアが選択された目的変数では「8. 合計」も説明変数に選択された。これらの食行動の改善が検査値の改善につながる可能性が示唆された。

## 第二章

2019年のHDコース受講者のうち男性等3名を除外した女性45名を対象とし、第一章で用いた食行動質問票（NC版）と肥満症GLの食行動質問票（GL版）の関連性及び「合計」スコアの信頼性を検討した。検討方法は、領域間及び個別の質問文の相関等と、NC版とGL版の各領域と「合計」のスコア間の内的整合性をChronbachの $\alpha$ を用いて検討した。その結果、NC版とGL版から得られる食行動スコアには高い相関があることが確認された。また、NC版及びGL版の各領域と「合計」のスコア間でChronbachの $\alpha$ が高いことから、「合計」スコアが各領域の肥満に関連する食行動を測定する尺度として信頼性があることが確認された。

## 【結論】

食生活・運動教育プログラムに参加した肥満を含む中高年女性において、本研究で用いた食行動質問票による食行動スコアと、肥満に関連する身体所見や血液データ（脂肪肝等）が改善した。また、食行動スコアとフレイル予防に関連する血清アルブミン値との関連性が示された。本結果は、GL版から得られる食行動スコアにおいてもNC版と関連性が高いため応用可能と考えられる。

本研究のように、中高年女性を対象とした食生活・運動教育プログラムにおいて食行動スコアと肝機能（脂肪肝）や尿酸値及びフレイル予防に関連する血清アルブミン値や骨密度との関連及び食行動スコア「合計」の意義を明らかにした報告はない。

本論文の検討結果は、望ましい体重・体脂肪率のコントロールを目指した指導現場で、フレイル予防も視野に入れた食行動に関する指導内容や指標の提案に資するものである。

## 論 文 栄養学専攻

### 1. 食事・運動介入プログラムによる食品摂取の変化が生活習慣病関連因子に及ぼす影響

春 日 千加子

#### 【背景と目的】

日本人女性は高齢化が進んでおり、動脈硬化予防のためには、食生活、身体活動を含めた生活習慣の改善により、早期からの対策が重要である。我々は、生活習慣改善の包括的プログラムにおいて、過去9年間にわたる270名の受講生を対象とした研究を行い、BMI、体脂肪率、血圧、インスリン抵抗性、HbA1c、LDLコレステロール、中性脂肪値などの有意な低下を発表した。エネルギー摂取量と食塩摂取量は有意に減少、食物繊維摂取量は有意に増加したことから、食生活を中心とした包括的な介入の有効性を確認した。「動脈硬化性疾患予防ガイドライン2017年版」では、魚や大豆製品など日本食を構成する食品の冠動脈疾患リスクに対するレビューは検証されているが、食品全体についての血液検査データや体組成に対する介入研究は少ない。近年の減量などを目的とした介入研究では、エネルギー、栄養素や食環境、食行動の変化に焦点をあてたものが多い。そこで、本研究は、動脈硬化性疾患予防のための生活習慣改善を目的とするプログラム参加者の中で肥満の中年女性を対象として、エネルギーや栄養素だけではなく、どの食品の増加、減少が動脈硬化性疾患のリスクとなる脂質異常症や糖尿病などの生活習慣病の改善に役立つかを検討し、より具体的な食生活の改善に結びつけることを目的とした。

#### 【対象及び方法】

対象は、女子栄養大学栄養クリニックが開催する5ヶ月間（計12回）のヘルシーダイエットコース2006～2015年の受講生で、データ欠損者や脂質異常症治療薬などの内服者を除く女性127名、年齢55歳、BMI26.7（中央値）である。運動指導、個別栄養相談、減塩の仕方や四群点数法などの集団指導を実施し、毎日の歩数や体重、食事記録の記入をすすめた。昼食には、550kcal前後、食塩相当量3g以下、野菜やきのこ・海藻類を豊富に取り入れた定食スタイルの献立を提供した。介入前後に、BMI、体脂肪率、血圧、LDLコレステロール（以下LDL-C）、中性脂肪、HbA1cなどを測定し、これらを生活習慣病関連因子とした。食事分析について摂取量の算出は、介入前

後の直近の1週間の中から3日間の食事記録（自記式秤量記録法）をもとに面談で聞き取り、食品の量や大きさ、調味料などの過不足を修正したものを使用した。乳製品、卵、肉、魚、豆、緑黄色野菜、淡色野菜、きのこ・海藻類、果物、芋、穀類の摂取量をもとに、エネルギーと栄養素、食品別摂取量の平均値を算出した。食品摂取量は、エネルギー調整による調整重量（g/1,000kcal）の結果を中心に検討した。

#### 【結果及び考察】

目的変数を生活習慣病関連因子の介入前後の変化量、説明変数を食品摂取量の介入前後の変化量とし、年齢調整による重回帰分析（ステップワイズ法）を行い、生活習慣病関連因子への食品摂取量の変化量の相対寄与を検討した。エネルギーによる調整重量の分析で、生活習慣病関連因子と有意な関連を認めた食品の中で、栄養素との関連メカニズムが示された食品は、淡色野菜、きのこ・海藻類、卵、肉であった。①淡色野菜摂取量は、BMI、体脂肪率、ウエスト周囲長、LDL-C、動脈硬化指数と負の関連、②きのこ・海藻類摂取量は体脂肪率と負の関連を示し、①②の食品および生活習慣病関連因子に関連する栄養素では、共通して食物繊維が有意に選択された。③卵摂取量は動脈硬化指数と正の関連を示した。動脈硬化指数に関連する栄養素は、食物繊維が負の関連、コレステロールが正の関連を示した。また、栄養素に対する食品群の関連では、コレステロールが卵と正の関連を示したが、食物繊維は卵と直接の関連はみられなかった。また、動脈硬化指数と関連がみられた他の食品では淡色野菜が負の関連を示し、食物繊維と淡色野菜は正の関連を示した。このことから、卵によるコレステロール摂取量の減少や淡色野菜などの食物繊維の増加が動脈硬化指数の改善に影響することが考えられる。④肉摂取量はLDL-Cと正の関連を示した。LDL-Cは食物繊維と負の関連、一価不飽和脂肪酸と正の関連を示した。栄養素に対する関連では、肉は飽和脂肪酸と関連がみられたが、一価不飽和脂肪酸、食物繊維との関連はみられなかった。また食物繊維と正の関連を示した淡色野菜はLDL-Cと負の関連を示す結果が得られた。③と④の結果から、動脈硬化指数、LDL-Cの改善には、淡色野菜などによる食物繊維の増加が有用と考えられ、卵や肉の過剰摂取や動物性脂質との組み合わせに注意し、食物繊維の多い野菜やきのこ・海藻類と合わせてとることが、脂質代謝の改善に寄与することが考えられる。

エネルギーによる調整重量の分析で、①～④のほか

に、生活習慣病関連因子と関連が得られた緑黄色野菜、果物、乳製品、穀類については、関連する栄養素が特定できず、メカニズムが不明な点がみられた。これらの食品については、今後の検討が必要と考えられる。

#### 【結語】

本研究では、肥満の中年女性（中央値55歳）を対象として、食品別摂取量の変化が生活習慣病関連因子に及ぼす影響を検討した結果、淡色野菜、きのこ・海藻類の摂取量増加が、体脂肪率やLDL-C、動脈硬化指数などの改善に寄与することが明らかになった。また、動脈硬化指数と正の関連を示した卵やLDL-Cと正の関連を示した肉の過剰摂取にも配慮することは必要であり、野菜類と組み合わせるとることが改善に繋がることも示された。これにより、エネルギーや栄養素の摂取量だけでなく、食品のレベルで、生活習慣病関連因子の改善に寄与することが明らかになった。また、個別の食品だけでなく食品の組み合わせに配慮することも必要であり、生活習慣病をはじめ、動脈硬化性疾患の予防、改善に繋がる可能性が示された。

## 2. 地域在宅高齢者における食品摂取多様性スコアの栄養学的特徴及び要介護発生との関連

成 田 美 紀

日本人高齢者の食品摂取の多様性に関する指標の一つに、熊谷らの食品摂取多様性スコア（DVS）がある。高齢者を対象とした研究では、DVSと身体機能や生活機能、転倒リスク、サルコペニア等健康アウトカムとの関連が報告されているが、多様な食品摂取による各種栄養素の多寡や食事の特徴は、十分検討されていない。食品摂取の多様性を高く保持できている者は、健康に関するアウトカムに対するリスクが低いが、一時点における評価であり、加齢に伴い食品摂取の多様性が変化する可能性については考慮されていない。また、死亡、ADL障害、介護保険認定等のアウトカムとの関連については明らかになっていない。そこで、本研究では、高齢者におけるDVSの栄養学的特徴を明らかにすること、また、DVSの加齢変化パターンを類型化し、将来の要介護発生との関連を明らかにすることを目的とした。

第1章では、地域在宅高齢者におけるDVSと栄養素等摂取量、食品群別摂取量及び主食・主菜・副菜を組み合わせた食事が1日2回以上の日数（以下、栄養バランスのとれた食事日数）との関連を検討した。東京都板橋区在住で65～84歳の高齢者181名を対象にDVSを使用し、0～10点のうち0～3点を低群（44名）、4～6点を中群（100名）、7～10点（37名）を高群に分類した。併せて、不連続3日間の食事記録を行い、1日当たりの栄養素等摂取量、食品群別摂取量及び栄養バランスのとれた食事

日数を求めた。性、年齢、総エネルギー摂取量を調整した一般線形モデルによりDVS区分と各食事関連指標との関連を検討した。DVS高群に比し低群では栄養バランスのとれた食事日数が有意に低値を示した（DVS低群1.4（1.2-1.6）日、中群1.8（1.6-1.9）日、高群1.9（1.7-2.1）日、傾向性 $p=0.001$ ）。DVS高群に比し、低群ではたんぱく質・脂質のエネルギー比率、たんぱく質、食物繊維、カリウム、マグネシウム、リン、ビタミンK、ビタミンB12の摂取量が有意に低値を示し、炭水化物・穀類のエネルギー比率は有意に高値を示した。また、各栄養素の推定平均必要量（EAR）を下回る者の割合を算出し、多重ロジスティック回帰分析によりDVS区分の栄養素別不足のリスクを推定した。ビタミンCがEARを下回るオッズ比はDVS高群に比し、低群で有意に高値を示し、マグネシウム、亜鉛、ビタミンB6がEARを下回るオッズ比はDVS高群に比し、中群で有意に高値を示した。以上より、DVSが高いことは、たんぱく質及び微量栄養素のより多い摂取と有意な関連があり、栄養バランスのとれた食事日数の多いことが明らかになった。

第II章では、混合軌跡モデリングによるDVSの加齢変化パターンを検討した。群馬県草津町で2012～2017年の各年に実施した高齢者健診を一度でも受診した65歳以上の1,195名のデータを用い（延べ受診回数3,900回）、65歳から90歳までの加齢変化パターンをGroup-Based Semiparametric Mixture Modelを用いて検討した。DVSの加齢変化パターンは、高推移群（199名、16.6%）、中推移群（532名、44.5%）、低推移群（464名、38.8%）の3つに類型化され、加齢に伴う得点の減少はみられなかった。男女別にもDVSの加齢変化パターンを検討した結果、いずれの群においても女性は男性より約1点得点が高く推移し、女性より男性の方が加齢変化に伴う得点変動が大きかった。高齢者のDVSの加齢変化パターンの類型化を予測する要因として、年齢、主観的咀嚼能力、抑うつ、喫煙、高血圧の既往が抽出された。

第III章では、第II章で推定したDVSの加齢変化パターンと将来の要介護認定発生との関連を検討した。要介護認定発生は、介護保険情報に基づき、初回調査時から2017年11月までの要介護認定申請記録を調べた。初回受診時に既に要介護認定を受けていた34名を除く1,161名を対象に、交絡要因として身体的・社会的・心理的要因、高次生活機能、認知機能、疾病既往を調整し、Cox比例ハザードモデルにより検討した。その結果、追跡期間中に60名（5.2%）が新規に要介護認定を受けた（平均追跡期間3.8年）。DVS高推移群に対する要介護認定発生の性・年齢調整ハザード比（95%信頼区間）は、中推移群で2.73（1.10-6.76）、低推移群で4.30（1.73-10.69）であった。さらに、身体的・社会的・心理的要因、高次生活機能、認知機能、疾病既往を調整したハザード比（95%信頼区間）は、中推移群で2.24（0.72-7.01）、低推移群で3.34（1.08-10.38）であった。要介護認定発生に関連する交絡要因を調整後も、DVSが2点未満で低く

推移した低推移群では、7点程度で高く推移した高推移群と比べて、要介護認定発生のリスクが3倍に高まることが明らかになった。

以上3つの研究より、DVSと栄養素等摂取量、食品群別摂取量及び主食・主菜・副菜を組み合わせた食事日数との関連を示すことにより高齢者におけるDVSの栄養学的特徴を明らかにした。また、DVSの加齢変化パターンを類型化し、要介護発生との関連を初めて明らかにした。これらの結果は、要介護状態もしくはフレイル進行の抑制、高齢期の社会生活機能の維持・向上の観点から、高齢者の多様な食品摂取の重要性を示唆するものである。

### 3. 免疫能向上を目指したHIV陽性成人男性の栄養管理

庄 司 久美子

#### 【研究背景・目的】

Human Immunodeficiency Virus (HIV) とは、主にCD4陽性Tリンパ球 (CD4<sup>+</sup>) とマクロファージに感染するレトロウイルスである。増殖したHIVは、未感染のCD4<sup>+</sup>やマクロファージに次々と感染をくり返し、これらの細胞の機能不全や数の減少を引き起こす。1996年以降、様々な抗ウイルス薬が開発され、現在では複数の抗ウイルス薬を組み合わせた抗レトロウイルス療法 (ART) により、HIV陽性者の生命予後は大幅に改善した。また、免疫学的コントロール指標であるCD4陽性Tリンパ球数 (CD4カウント) を500/mm<sup>3</sup>以上に維持できれば、健康人と寿命がほぼ同等になるという報告がある。しかし、ARTによる体内のウイルス量コントロールと比べて、CD4カウントのコントロールには、様々な要因が関わり、未だ不明な点も多い。さらに、寿命の延伸、治療の長期化に伴い、近年では冠動脈疾患イベントの増加や、肥満やメタボリックシンドロームの増加も注目されている。HIV陽性者を取り巻く環境はこの20年間で大きく変化した。先行研究の多くは欧米人を対象としたもの、または食糧資源が乏しく、国民全体の栄養状態に課題を抱える国々を対象としたものである。肥満頻度が米国人の約10分の1であり、内分泌代謝に関連する遺伝的背景も異なる日本人を対象とし、冠動脈疾患リスクやCD4カウントコントロールを検討した報告は見当たらない。そこで、ARTによりウイルスコントロールが良好な慢性期のHIV陽性男性を対象に、以下の3点を明らかにすることを目的とした。

- 1) HIV陽性者と日本人の冠動脈疾患リスクを比較する
- 2) CD4カウントのコントロールに影響する体組成やライフスタイル因子を探索し、同時に最新の血管検査で直接計測した冠動脈疾患リスクを考慮し、至適範囲を明らかにする。

3) HIV陽性者に対する栄養付加が免疫能に与える影響を検討する

#### 【第1章】

関西地区のエイズ治療拠点病院に通うHIV陽性者のうち男性289名を対象とした横断研究である。平成29年国民健康・栄養調査結果と比較したところ、肥満やメタボリックシンドロームの割合に差は見られなかったものの、HIV陽性者は低HDL血症、高血糖のリスクが有意に高かった (HDL: OR=2.58, 高血糖: OR=2.39)。また免疫学的コントロール良好と判断されるCD4 $\geq$ 500/mm<sup>3</sup>群とCD4 $<$ 500/mm<sup>3</sup>群を比較すると、CD4 $\geq$ 500/mm<sup>3</sup>群にBMI $\geq$ 25kg/m<sup>2</sup>の肥満者が多いものの、メタボリックシンドロームの割合や、各指標には差が認められなかった。よって先行研究と同様に、HIV陽性者全体の冠動脈疾患リスクがHIV陰性者よりも高い可能性は否定できず、BMIによる肥満だけではHIV陽性者のリスクを予測することはできないと考えられる。また多重ロジスティック回帰分析より、CD4 $\geq$ 500/mm<sup>3</sup>に対して、体脂肪率が25.1%以上であることが独立した因子として示された。また同時に、動脈硬化指標である脈波伝播速度 (baPWV $\geq$ 1800cm/s) に対する体脂肪率のROC曲線から、25.8%以上で心疾患リスクが高まることが示された。先行研究において、脂肪細胞から分泌されるレプチンのCD4カウント上昇効果が示されていることから、体脂肪率がCD4カウントの上昇に関連している可能性が示唆され、HIV陽性者のCD4カウントコントロールと動脈硬化リスクのバランスを考慮した場合、体脂肪率の許容上限範囲を25%程度とすることが望ましいのではないかと示唆された。

#### 【第2章】

第1章では、血清中のアルブミン、総リンパ球数 (TLC)、総コレステロール値を総合して栄養状態を判断するCONUT法を用い、HIV陽性者の栄養状態を判定したところ、CD4 $<$ 500/mm<sup>3</sup>群のうちCONUTにより軽度栄養不良として抽出される群は、TLCとCD8カウントも低いことが明らかとなった。両指標ともHIVにより変動する為、今回は疾患と栄養の影響を切り離すことはできなかった。そこで、CD4 $<$ 500/mm<sup>3</sup>かつCONUTにより抽出された免疫能の低い者に、1日250kcalの栄養付加をした場合、体脂肪と血清レプチン濃度の上昇を介し、CD4カウント、CD8カウント、TLCが上昇するのかが検証する為に、クロスオーバーのあるランダム化比較介入試験を行った。エンシュア・リキッドによる1日250kcalの栄養付加により、対象者のBMI、血清レプチンレベルは上昇したが、CD4カウントの上昇は認められなかった。

#### 【結論】

HIV陽性者は、HIV感染症の病勢、ARTの副作用、また生活習慣因子が相互に絡み合うため、HIV陰性者に比べて冠動脈疾患のリスクが高いことが示唆される。その事実を理解した上で、HIV陽性者の栄養管理では、動脈

硬化リスクをモニタリングしつつ、CD4カウントのコントロールを考慮し体脂肪率の許容範囲を25%程度までとすることが望ましいのではないかと示唆された。また、栄養状態と免疫能は密接に関連するものではあるが、ARTによりHIV感染症慢性期の陽性者の中で、CD4カウントのコントロールが十分ではなく、CD8カウントとTLCの低い、免疫能の低下が疑われる者に対する栄養介入方法は、今後の更なる研究課題である。

#### 4. 各種家禽卵白の消化性に及ぼす卵白の希釈効果と加熱処理の影響

梶野涼子

鶏卵は、経済性、嗜好性、栄養学的に優れ、また優れた調理加工特性を持つことから多種多様な加工食品に利用されている。現在、日本人の鶏卵消費量は、世界第3位であり、日本人の食生活に鶏卵は欠かせないものとなっている。しかし、近年、欧米におけるアニマルウェルフェアによる非ケージ化の推進、鳥インフルエンザ流行等の諸問題、また、食生活や消費者ニーズの多様化を踏まえると、ニワトリ以外の低・未利用家禽卵の有効利用は重要な課題であると考えられる。

低・未利用資源を食品として活用する際には、当該資源の安全性、経済性、嗜好性、栄養特性等を評価することが重要である。中でも、安全性と栄養特性は人の健康に関わる事項であるため、これらの評価は必要不可欠なものである。食品の消化性が低いと栄養利用性が低いこと、食品中のタンパク質の消化性が低いと、抗原性ペプチドが残存しアレルギー反応を誘発する可能性があることから、タンパク質含量の多い食品において、そのタンパク質の消化性は、最も重要なものである。そのため、コーデックス委員会や食品安全委員会において、農産物等の新規遺伝子組み換え食品に含まれるタンパク質の食品安全評価の基本項目として、人工消化試験が指定されている。

鶏卵アレルギーは、乳幼児において深刻な健康問題となっている。鶏卵のアレルゲンは主に卵白に存在しており、鶏卵卵白タンパク質のオボアルブミン (OVA)、オボトランスフェリン (OVT)、オボムコイド及びリゾチーム (LYZ) は抗原性が高いといわれている。同じ鳥卵でも分類学的に種が異なれば、上記のようなアレルゲンとなるタンパク質のアミノ酸配列は鶏卵とは異なり、その消化性も種によって異なると推察される。従って、低・未利用家禽卵を食品として活用する際には、その卵白タンパク質の消化性を解明することが、非常に重要な課題となる。また、実際の食生活において、卵が様々な方法で調理されてから食されていることを考慮すると、調理・加工された卵の消化性を把握することも重

要である。本研究では、低・未利用家禽卵を食品として活用することを想定し、家禽卵毎に消化性の高い適切な卵白の希釈、加熱条件の検討を行った。

第1章では、卵白の主要タンパク質であり、鶏卵において主要なアレルゲンタンパク質の1つであるOVAの消化性に及ぼす加熱処理の影響を検討した。未加熱の場合、アヒルOVAは人工腸液により速やかに消化されたが、アヒル以外の5種の家禽OVAは、人工胃液及び人工腸液に対して消化抵抗性を示した。加熱処理により消化性が向上し、人工胃液では、ダチョウ以外の家禽OVAは70～80℃、ダチョウOVAは90℃以上の加熱処理により消化性が高まった。人工腸液処理においては、全ての家禽OVAで60℃以上の加熱処理により消化性が向上した。

第2章では、各種家禽卵卵白の消化試験を行い、OVA以外の卵白タンパク質の消化性、また、OVAについても他の卵白タンパク質共存下での消化性を調べた。SDS-PAGEで観察されたOVA以外の卵白タンパク質は、OVT及びLYZであったが、LYZのバンドはアヒル及びダチョウでは観察されなかった。アヒル及びダチョウのOVTは、人工胃液、腸液共に加熱の有無に関わらず速やかに消化されたが、それ以外の家禽のOVTにおいては、人工腸液の未加熱では消化抵抗性を示した。LYZにおいては、観察された4種の家禽全て、未加熱では人工胃液に消化抵抗性を示したが、70℃以上の加熱により消化性が向上した。人工腸液消化試験においては、LYZと酵素バンドが重なり、LYZのバンドの消長が確認できなかった。卵白中でのOVAの消化性と第1章の精製OVAの消化性を比較すると、卵白中のOVAは人工胃液消化において高温加熱による消化性の低下が認められなかった。これは高温処理によるOVAの凝固の形態が、他タンパク質との相互作用により、凝集がゆるく、ペプシンの作用を受けやすい構造に変化したのではないかと推察した。

第3章では、第1章及び第2章においてニワトリとは大きく異なる消化性を示したアヒル及びダチョウの卵白に着目し、消化性に及ぼす卵白の希釈と加熱処理の影響をニワトリと比較した。卵白原液の場合、加熱処理により消化抵抗性が増し、ニワトリ及びダチョウ卵白は80℃以上、アヒル卵白は70℃以上で加熱した場合、消化性が顕著に低下した。いずれの鳥種においても、上記の温度帯から卵白は硬いゲルを形成し、消化酵素が立体構造的にアクセスしにくい構造が生じたことが消化抵抗性を増した一因と推察された。希釈により消化性は高まり、ニワトリ卵白では3倍以上の希釈で100℃の加熱処理、アヒル卵白では4倍以上の希釈で70℃の加熱処理、ダチョウ卵白では2倍希釈で80～90℃、3倍希釈以上で90℃以上の加熱処理により最も消化性が高まった。

本研究において、家禽卵白毎に消化性の高まる希釈・加熱条件を提示した。また、家禽毎の卵白タンパク質の熱凝固性の差が消化性と関連することが明らかとなっ

た。熱凝固性はpHや塩濃度、他食材の混合により変化するため、今後は鳥種毎に熱凝固性に影響するpHや塩濃度、他の食材の混在と消化性の関連を明らかにしたい。