

学位論文題名

第一胃内産生プロピオン酸の若齢子牛における栄養上の意義

—精製飼料胃内注入法の適用による研究—

学位論文内容の要旨

反芻家畜は維持や生産に要するエネルギーの大部分を、反芻胃内の発酵産物である揮発性脂肪酸に依存している点に栄養上の大きな特徴がある。反芻胃内で産生される揮発性脂肪酸は主に酢酸、プロピオン酸、酪酸から構成され、給与飼料によりその組成は変動する。揮発性脂肪酸の第一胃内産生量の変動に対する家畜の反応から、反芻家畜における揮発性脂肪酸の栄養上の意義を明らかにすることは、種々の生産目的や生産段階に応じた効率的な飼料給与方法確立の上で重要な知見を提供することとなる。これまでも反芻家畜の成畜では、揮発性脂肪酸の栄養上の意義、特に蛋白質・エネルギー栄養との関連について膨大な研究が行われている。しかし、離乳を境に主なエネルギー源が液状飼料に由来するグルコースから反芻胃内発酵に由来する揮発性脂肪酸に大きく転換する若齢子牛の蛋白質・エネルギー栄養に対する揮発性脂肪酸の意義に関する研究はほとんどない。また若齢子牛の栄養上の特色として、蛋白質とともにグルコースの要求量が高いことが指摘されている。本研究は糖原性物質であるプロピオン酸に着目し、胃内へ注入した精製飼料だけで動物を飼育する手法（胃内注入法）を若齢子牛に適用することにより、若齢子牛の蛋白質・エネルギー栄養における第一胃内産生プロピオン酸の意義を検討したものである。

第I章においては、研究目的について述べるとともに、第一胃内産生揮発性脂肪酸と反芻家畜における蛋白質・エネルギー栄養との関連に関する研究の概要を紹介した。即ち、給与飼料と第一胃内産生揮発

性脂肪酸組成の関係、揮発性脂肪酸の動物体内での代謝、揮発性脂肪酸組成と蛋白質・エネルギー代謝との関連について概括するとともに、若齢子牛における反芻胃発達や蛋白質・エネルギー代謝に対する揮発性脂肪酸、特にプロピオン酸の意義に関する研究の必要性を指摘した。また、第一胃内産生揮発性脂肪酸と家畜の栄養との関連を検討するための一手法として、動物への揮発性脂肪酸の供給量を任意かつ正確に制御できる精製飼料の胃内注入による飼育法を適用することの有効性を述べた。

第Ⅱ章では「若齢子牛への胃内注入法の適用」と題し、専ら成長の進んだ反芻家畜に適用されてきた精製飼料の胃内注入による飼育法を、反芻胃の未発達な若齢子牛へ適用する際の方法について、第一胃内容液の性状や消化管の形態をもとに検討した。子牛の第一胃内へ揮発性脂肪酸混合液と緩衝液を、第四胃内へカゼインと微量栄養素を注入する胃内注入法による飼育を3-5週齢から開始し、これらの注入精製飼料だけで長期間飼育した。その結果、この時期の子牛に胃内注入法を適用する場合、第一胃内容液のpHと浸透圧を正常範囲に維持するためには、成畜に対するより希薄な注入液を用いることが必要であった。また、胃内注入法による飼育期間中の増体量は、栄養注入量に見合うものであり、反芻胃の組織重量は慣行的な飼育をした子牛のそれとほぼ等しいとみなされた。胃内注入法で飼育した子牛の第一胃絨毛の形状は櫛状で、第一胃粘膜の色調は淡色であった。

第Ⅲ章では「第一胃内揮発性脂肪酸組成と第一胃吸収能発達」と題し、異なる組成の揮発性脂肪酸混合液を3-6週齢子牛の第一胃内へ注入し、第一胃内からの揮発性脂肪酸の吸収速度を調べた。その結果、注入揮発性脂肪酸混合液中のプロピオン酸割合の違いによって、注入期間の進行に伴う吸収速度の増加の程度が異なることを明らかにした。すなわち、プロピオン酸割合を42mol/100mol含む揮発性脂肪酸混合液を注入した場合は、胃内注入開始後約40日で吸収速度は最大値に達したが、プロピオン酸割合を14mol/100molとした混合液を注入した場合で

は、吸収速度は約70日後まで緩やかに増加した。

第IV章では「第一胃内揮発性脂肪酸組成と若齢子牛の蛋白質・エネルギー代謝」と題し、若齢子牛の窒素・エネルギー出納、血液中代謝物濃度に及ぼす第一胃内注入揮発性脂肪酸組成の影響を検討するとともに、グルコースおよび高プロピオン酸混合物のエネルギー利用効率について調べた。その結果、維持の1.3倍の栄養水準で胃内注入飼育をした場合、低プロピオン酸組成の揮発性脂肪酸混合液の注入によって、血液中グルコース濃度は低下し、 β ヒドロキシ酪酸濃度が増加した。熱発生量は注入揮発性脂肪酸の組成の影響を受けなかったが、窒素蓄積量は低プロピオン酸組成の混合液の注入の際の方が低くなった。しかし、第四胃内へ同時にグルコースを注入した場合には、第一胃内へ注入した揮発性脂肪酸の組成の違いは窒素蓄積量に影響を及ぼさなかった。第四胃内へ注入したグルコースとしての粗エネルギー量1MJにつき、窒素蓄積量は1.25g増加したが、第一胃内へ注入した高プロピオン酸組成の揮発性脂肪酸混合物としての同1MJあたりの窒素蓄積増加量は0.98gであった。また、第四胃内へ注入したグルコースの成長のためのエネルギー利用効率は72%であったが、第一胃内へ注入した高プロピオン酸組成の揮発性脂肪酸混合物のエネルギー利用効率は60%であった。

第V章では以上の結果を総括し、胃内注入法で飼育した子牛は、通常に飼育した子牛のモデルとして適用できることを示すとともに、第一胃内産生プロピオン酸の若齢子牛の蛋白質・エネルギー栄養における意義は、第一胃吸収能の発達を促進し、動物体に吸収される揮発性脂肪酸量を増加させること、および糖原性物質として蛋白質の有効利用に寄与することにあると結論した。

以上のように本研究では、胃内注入飼育法を適用することによって、若齢子牛の蛋白質・エネルギー栄養における第一胃内産生プロピオン酸の意義を、第一胃吸収能の発達および個体レベルの蛋白質・エネルギー代謝の面から明らかにし、若齢子牛への飼料給与方法を確立するための基礎的知見を得た。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 朝日田 康 司
副 査 教 授 上 山 英 一
副 査 助 教 授 大久保 正 彦

学 位 論 文 題 名

第一胃内産生プロピオン酸の若齢子牛における栄養上の意義
— 精製飼料胃内注入法の適用による研究 —

反芻家畜の栄養上の大きな特徴は、維持や生産に要するエネルギーの大部分を、反芻胃内の発酵産物である酢酸、プロピオン酸、酪酸等の揮発性脂肪酸に依存している点にある。しかし、若齢反芻家畜では反芻胃は未発達であり、このような反芻家畜としての特徴は発達過程にあるため、若齢反芻家畜に対する効率的な飼料給与方法を確認する上で、揮発性脂肪酸の栄養上の意義、特に蛋白質・エネルギー栄養との関連を明らかにする必要がある。これまでも反芻家畜の成畜では、揮発性脂肪酸と蛋白質・エネルギー栄養との関連について膨大な研究が行われているが、通常の飼料給与下では複雑な反芻胃内発酵を介するため、揮発性脂肪酸と蛋白質・エネルギー栄養との直接的な関連を明確にすることは困難とされてきた。本研究は、専ら反芻家畜の成畜に対して行われている精製飼料胃内注入法の若齢子牛への適用方法を確認し、この手法を用いて若齢子牛の蛋白質・エネルギー栄養に対する第一胃内産生プロピオン酸の意義を、第一胃揮発性脂肪酸吸収能の発達および個体レベルの蛋白質・エネルギー代謝の面から明らかにしたものである。

本論文は表11、図18、写真2、引用文献103を含む総頁数101の和文論文であり、5章に分けて論述されている。研究の成果は以下のように要約される。

1) まず第一胃内へ揮発性脂肪酸と緩衝液、第四胃内へ蛋白質と微量栄養素をそれぞれ連続して注入する胃内注入法の子牛への適用法について、第一胃内容液の性状や消化管の形態をもとに検討し、若齢子牛に対する適切な注入液濃度や注入法を明らかにした。胃内注入法で飼育した子牛は注入栄養量に応じた増体量が得られ、第一胃組織重量も通常飼育子牛のそれと遜色のないことが認められた。

2) ついで第一胃内へ注入した揮発性脂肪酸組成と第一胃吸収能発達の関連を検討し、3-6週齢子牛の第一胃内へ高プロピオン酸組成の揮発性脂肪酸混合液を注入すると、第一胃からの揮発性脂肪酸吸収速度が、急激に増加すること示し、プロピオン酸の第一胃吸収能発達に対する効果は酢酸のそれに比べ大きいことを明らかにした。

3) 第一胃内注入揮発性脂肪酸組成の違いが窒素・エネルギー出納、血液中代謝物濃度に及ぼす影響を6-14週齢の子牛を用いて調べたところ、低プロピオン酸組成の揮発性脂肪酸混合液の第一胃内注入によって、血液中グルコース濃度は低下するが、 β ヒドロキシ酪酸濃度は増加すること、熱発生量は注入揮発性脂肪酸の組成の影響を受けないが、窒素蓄積量は低プロピオン酸組成混合液の第一胃内注入時に低くなることを認めた。さらに、グルコースを第四胃内へ注入した場合には、低プロピオン組成混合液の第一胃内注入時にも窒素蓄積の低下が生じなかったことから、若齢子牛におけるプロピオン酸の糖原性物質としての重要性が明らかになった。一方、同時に行ったエネルギー出納試験の結果から、グルコースおよび高プロピオン酸組成の揮発性脂肪酸混合物の成長のためのエネルギー利用効率はそれぞれ72%および60%と推定した。また、グルコースの第四胃内注入と高プロピオン酸組成の揮発性脂肪酸混合液の第一胃内注入では、等エネルギー量であっても窒素蓄積量増加に対する効果が異なっていた。

4) 以上の成果に基づき、胃内注入法で飼育した子牛は、通常飼育した子牛のモデルとして適用できることを示すとともに、第一胃内産生プロピオン酸の若齢子牛の蛋白質・エネルギー栄養における意義は、

第一胃吸収能の発達を促進し、動物体に吸収される揮発性脂肪酸量を増加させること、および糖原性物質として蛋白質の有効利用に寄与することにあると結論した。

以上のように本研究は、精製飼料の胃内注入法という先駆的研究手法を若齢子牛に適用することによって、第一胃内注入揮発性脂肪酸と蛋白質・エネルギー栄養との関連を定量的に研究考察し、従来不明確であった第一胃内産生プロピオン酸の若齢子牛における栄養上の意義に関する基礎的知見を提示しており、学術的に高く評価されるだけでなく、実用的にも若齢反芻家畜の飼養技術改善に大きく寄与するものである。

よって審査員一同は、別に実施した学力確認試験の結果と合わせて、本論文提出者小櫃剛人は博士（農学）の学位をうけるのに十分な資格があるものと認定した。