こり、各種の肥料試験を行ったが、施肥法間に差を見出すことができなかった。この問題解決の要請を農技研が受け静岡柑橘試験場と共同で、成木ミカン樹に対するリン施肥法が、 ^{32}P 肥料圃場試験により実施された。その結果、樹冠下輪状施肥よりも樹間下全面施肥、樹冠と樹冠との間の空間地面への施用および段畑では谷側と山側ともに施用リンが著しく有効であることが分かった(1960, 62)。静岡県ではただちにこの全園散布施肥法を普及に移した。その後、この方法は全国のミカン施肥法として現在に至っている。つぎに柿成木について ^{15}N と ^{32}P の二重標識肥料を用いて試験を行い(岐阜農試)、従来のタコソボ施肥、全園表面散布施肥より機械化平行溝施用法が有効であることを明らか

にし、県下富有柿の施肥法に普及された。さらに全樹体に積分する樹体の調査法を開発し、 ^{15}N 標識法を併用して成木ミカン樹圃場試験(佐賀果試共同)を行い、各時期別施用窒素を追跡し、各時期の窒素の機能を明らかにし、窒素施肥量の減量と適切な施肥時期を普及することができた(1972)。

(4) 現在: 近年になり環境保全の面から、RI 追跡圃場試験は不可能となったので、これに代わるものとして実験系内では、まったく放射能と無縁なアクチバブルトレーサ法や、濃縮天然放射性元素や短寿命核種による追跡法が農技研で開発され、施肥改善への応用が進められている。

7・3 家畜栄養および基礎栄養†

内 藤 博

東京大学農学部

113 東京都文京区弥生1-1-1

30年間におけるこの分野の研究の変遷は、おそらく他の分野と大同小異と思われるが、およそ三段階に分けることができよう。すなわち、放射能研究の開拓期、1954年(昭和29年)のビキニ実験および一連の原水爆実験によって派生した放射性降下物(fall out)による汚染調査、ならびに家畜の障害の研究、また最近十数年間の計測技術と生化学的手法の著しい発展による研究成果などである。

本稿もこの線に沿って述べることにする。

(1) トレーサ研究の開始と初期の研究

RI が初めて畜産研究者によって取り上げられたのは、1950年に農技研(平塚英吉所長)のグループが科学研究所(現在の理研)に内地留学して、研究法を習得したところと聞いている。当時まだGMカウンタが普及するに至らず、おそらくローリツェン検電器が唯一のものであったと想像しているが、現在から考えると非常な苦勞があったことがしのばれる。

農技研畜産化学部グループ(現畜産試験場)は ^{45}Ca

や ^{32}P を産卵鶏に投与して、鶏卵中への ^{45}Ca の移行過程を明らかにし(野崎ら, 1952)、またラットを用いて骨軟化症における ^{45}Ca の骨への取込みを観察した。これら一連の研究から、産卵時の最適な Ca 給餌時間や、骨軟化症防止に必要な飼料中 Ca:P 比などが明らかにされた。

これと前後して大学関係でも RI の研究が開始され、北大の研究グループは、山羊に ^{45}Ca を投与して、乳汁成分への取込みを観察している(1953)。

飼料成分の体内移行や、消化量を推定することは、家畜栄養学における研究の主目的の一つであるが、RI は消化管内における成分の移行の指標としても有用である。

家兎への ^{35}S の投与(1955, 60, 66)、 ^{56}Mn の投与(1970)、めん羊への ^{144}Ce の投与(1969)などによって酸化クロム法との比較がなされた。初期には入手可能な RI は価格の面からも簡単な無機化合物に限定され、1960年前半には有機化合物を用いた全動物体の代謝研究の報告がきわめて少ないのは、このような事情を反映している。そののち酵母の培養による ^{35}S -メチオニンの大量調製(1957, 67)や ^{14}C -フェニアラニン

† Animal nutrition. Hiroshi NAITO: Faculty of Agriculture, University of Tokyo, 1-1-1, Yayoi, Bunkyo-ku, Tokyo 113.

の合成(1965)などが試みられ、動物の代謝研究が活発に開始されるに至った。

他方、栄養上最も重要な窒素に関しては、安定同位体(SI)に頼るほかはなく、まず簡単な ^{15}N 化合物、とくに尿素やクエン酸アンモニウムなどを利用することができる、反芻胃の代謝研究から始められた。

農技研では1954年ごろより米国から質量分析計を導入して、産卵鶏中の $^{15}\text{NH}_3$ の動態を観察し(1956)、また反芻胃壁からの $^{15}\text{NH}_3$ の吸収を認めた(1962)。一方、同じころ東大農学部でも日立製作所と協同して質量分析計を製作し、反芻胃内における ^{15}N 非タンパク態窒素(NPN)の利用に関する研究を開始した。東北大学のグループは ^{15}N を用い、尿素からアンモニアの速やかな生成と、バクテリアとプロトゾア間の ^{15}N の推移を観察した(1958, 64)。

そのほかのRI使用の研究としては、 ^{64}Cu クロロフィルリンの体内分布(1957)、卵白における $^{35}\text{SO}_4$ からシスチンへの移行(1959)、産卵鶏における ^{131}I の移動と分布(1959)、 ^{45}Ca 標識白クローバの家兎への給与試験(1963)、ラット腸管内 ^{45}Ca の排泄(1954, 58)などが報告された。

(2) 原水爆実験による畜産物汚染の調査研究

1954年(昭和29年)5月のビキニ海域における原爆実験による第5福竜丸の汚染事件に引き続き、一連の各国の原水爆実験による放射性降下物の影響について、各種の調査が開始された。最初に社会的にクローズアップされたのは牛乳の汚染であり、早急な解決を要求されたが、農技研畜産化学部ではさっそく調査を開始し、放射能は ^{40}K に原因するものとして、当面安全性に問題がないものと結論した(1955)。しかし極微量の汚染の疑いが残されており、これを機会に残留物に関する調査研究がさかんに行われた。文部省総合研究でも「放射性降下物の反芻動物における体内代謝および生産物の汚染」、「放射線および放射性物質が家畜におよぼす影響」などが挙げられ、飼料や牛乳の汚染調査、各種家畜の放射線障害の研究などが報告された。また、おもな穀類、牧草中の ^{90}Sr 含量(1962)、牛の体内 ^{90}Sr および ^{137}Cs の分布(1963)、大豆製品中の ^{90}Sr および ^{137}Cs (1968)などが報告され、中国の一連の原水爆実験による搾乳試料中の ^{131}I 、 ^{137}Cs 、 ^{90}Sr などの含量の経時的推移も調査された(1967)。

これと並行して放射性降下物の外部あるいは内部照射による障害の検討が種々報告されている。家畜栄養関係では、乳牛の ^{60}Co 照射による乳量や乳脂率の変化(1956)、泌乳母ラットの γ 線照射による泌乳、産子

数の変化(1964)などが報告されている。

(3) 最近十数年間の研究動向

(i) 家畜栄養

前に述べたように ^{15}N を用いる研究は比較的早くから開始された。阿部、神立(1968)は、泌乳牛に $^{15}\text{NH}_3$ または ^{15}N -尿素を投与して、乳汁や反芻胃内の ^{15}N 分布を動力学的に考察し、飼料中NPNのバクテリアへの移行率は毎時45%程度と速いが、バクテリアからインフゾリアへの移行はきわめて遅いことを明らかにした。また尿素- ^{15}N の*in vitro*での微生物体への取込みと揮発性脂肪酸の関連(1975)、NPN利用におけるインフゾリアの役割(1974)などが引き続き報告された。

反芻胃内における炭素の移行も揮発性脂肪酸(VFA)の生成など重要な問題を含んでいるが、 ^{14}C の使用は比較的遅れて始められ、液体シンチレーションカウンタの普及とともに、研究報告も飛躍的に増加した。そのおもなものは ^{14}C -アミノ酸および ^{14}C で標識した反芻胃内バクテリアのインフゾリアによる利用の観察(1970)、ホルスタイン泌乳牛反芻胃内に投入した ^{14}C -VFAの乳成分への移行、また牛第一胃粘膜切片を用いた ^{14}C -VFAの相互転換性(1979)などが挙げられる。

反芻動物ではビタミン B_{12} の役割が特異的で、したがってその成分であるコバルトの役割も重要である。このため、反芻胃微生物培養液を用いて ^{60}Co の利用性が調べられた(1975)。

ハムスターは複胃をもっており、しばしば反芻動物のモデルとして使用されるが、泌乳ハムスターの尿素 ^{15}N の利用性におよぼすgenistinの効果(1978)、ハムスターの ^{60}Co の出納試験(1965)などが報告された。

また、食品の照射と同様、飼料の变质防止の目的で照射の効果が検討されている。 ^{60}Co 照射レベルと、マイロ、脱脂大豆の投与によるニワトリの飼料効率(1971)、照射トウモロコシ投与によるヒナ成長試験(1977)などが報告され、いずれも脂肪の過酸化生成が問題視されている。

(ii) 基礎栄養

現在アイソトープの使用は、通常実験の一部となってきたので、研究報告も著しく多く、ここではタンパク質栄養に関する報告をいくつか紹介するにとどめる。飼料中のタンパク質や他の成分量、あるいはアミノ酸組成などが、体タンパク質の代謝回転にどんな影響をおよぼすかは基本的な問題であり、ラットの

摂取タンパク質水準と ^{32}P の肝臓核酸への取込み(1957)、各組織中への ^{35}S -メチオニンの取込み(1963)の関連性が調べられた。特定の必須アミノ酸欠乏時の代謝回転(ターンオーバー)については、ラットのメチオニン欠やトリプトファン欠(1967)などで観察された。しかし、この種のトレーサ実験の最大の難点は、定常状態における投与ラベルの再利用度が、欠乏条件によってはさらに増大する可能性があり、さらには、栄養状態の変動によって合成と分解のいずれの側に大きな影響が現れるのか、などの評価法に大きな問題が残されている。筋肉タンパク質の代謝回転率推定法について、詳しい検討が行われた。合成速度と分解速度を分けて考察する方法はSchimkeの概念が適用されているが、ラットのタンパク欠乏時の影響(1976)が調べられた。また安定同位体による窒素のターンオーバーの考察(1967)がなされ、ラットで ^{15}N によるタン

パク質の正味利用効率の推定法が提案された。

個々のアミノ酸の代謝についても多くの報告があるが、ラットとニワトリの比較研究として、グリシン、セリン(1976)などがある。また、タンパク質の加工時メイラード反応により、リジン残基が修飾されて有効性が失われるが、 ^{14}C -リジンで標識した山羊カゼインを用いてラットのリジン利用性を検討した(1973, 77)。飼料成分、とくにタンパク質熱量比と ^{14}C -アミノ酸の代謝との関連については研究例も多い。

以上、30年間の研究状況を概括したが、近年、RIの安全管理体制が厳しくなったことを反映し、家畜への応用研究例がほとんど見られなくなったことは残念なことである。人間の栄養研究も含めて、 ^{15}N や ^{13}C などの安定同位体の使用による研究法の確立と普及化が、緊急に要請されなければならないことが痛感される。

7・4 食品照射†

飯 塚 廣

東京理科大学理工学部応用生物科学科

278 千葉県野田市山崎

(1) 日本における食品照射研究開発の30年

健康、食糧、環境、資源、エネルギーなどの人間の幸福を支える諸分野に、放射線を活用することの可能性を開発し、その安全性や健全性をも確かめることは、原子力平和利用に最もふさわしい分野の一つであろう。本誌が創刊されて以来の約30年をふりかえってみると、当時の認識に比べて予想以上の重要性を秘めていると思われる。ことに日本では食糧資源や人口問題などに加え、国際流通経済事情の現状からみると、将来については一層この食品照射保蔵分野にも期待せざるを得ないのではなからうか。

(2) 初期の研究

一般に食品照射に用いられる放射線として、現在ではγ線と電子線が実用上重視されているが、日本におけるこの分野の研究および技術開発においても同様な傾向がみられる。たとえば初期の文献として、水産

食品(1954~59)、農産食品(1956~59)、醸造食品(1956~59)、肉類(1960, 61)がある。さらに、放線菌(1957)、*E. coli*(1958)、食品微生物(1959)に対するγ線照射の研究があげられる。

(3) ナショナルプロジェクト研究

日本の食品照射研究をかえりみて、その特色の最大のものは、科技庁原子力委員会が1967年9月に、食品照射研究開発基本計画を決定し発足させたことであろう。これは食品照射が、食品の損耗防止、流通の安定化など国民の食生活の合理化に寄与するところが大きいとして、1963年原子力委員会に食品照射専門委員会が設置され、第1、第2委員会によって、学界、産業界、官界などの専門家の参加のもとに進められていた調査、検討、立案の作業の結果である。

この基本計画では対象品目の選定にあたって、とくに日本の国民生活の将来に重点がおかれた。その結果、まずばれいしょ、たまねぎの発芽防止および米の殺虫が選定され、翌1968年7月に小麦の殺虫、ワインナソーセージ、水産ねり製品の低線量照射による貯

† Food Irradiation. Hiroshi IIZUKA: Faculty of Science and Technology, Science University of Tokyo, Yamazaki, Noda-shi, Chiba Pref. 278.