

寒冷環境と産卵鶏のエネルギー要求量

北海道立滝川畜産試験場 小 関 忠 雄

はじめに

畜産における寒冷環境への対応は、保温あるいは給温により温度を上げることで環境自体を調節すること、および家畜・家禽の栄養摂取量を増やし寒冷による悪影響を緩和するという二つの方法が考えられる。しかし、現今の生産過剰による低卵価の続く養鶏情勢下では鶏舎に費用をかけることは難しく、事実、北海道内の採卵鶏舎を見ても、断熱材を用いて施工した環境制御ができる鶏舎はまだ少数であり、これからの普及が期待される。こうしたことから、北海道養鶏の年間の産卵率は全国平均と比較して冬季間に低い推移を示し、加えて、最も餌付羽数の多い春ふ化雛が産卵ピークから産卵の最盛期をむかえるのが冬季間と重なることからこの傾向が助長されている。北海道の気象条件下では生産効率を考える場合、冬季間は防寒対策が重要となってくるが、前述のように環境制御ができるような鶏舎はまだ限られており、一般に見られる開放鶏舎において無理に鶏舎内温度を高め保とうとして換気を少なくすると、空気環境の悪化のため思わぬ病気の発生を引き起こすことになりかねない。飼料消費量の節約による生産効率の確保よりも病気による損失の大きさには計り知れないものがあるので注意が肝心である。まず鶏舎内の環境を清浄に保つ管理方法を基本において、それぞれの地方、鶏舎の様式により鶏舎内温度には差が出てくることからその鶏舎にあった飼養方法を採用することが必要

日本畜産学会北海道支部会報, 32(2):23-32, 1990.

である。

産卵鶏の生産適温域は25℃前後とされ、環境温度の低下に伴ってエネルギー要求量も増加していく。寒冷時では増加したエネルギー要求量を不足なく摂取させることが重要になってくるが、これまでは低温環境でのエネルギー要求量については正確さに欠けていたきらいがあった。環境温度に関連したエネルギー要求量を推測する予測式は米国NRCの飼養標準のものをはじめとしていくつかの式が提案されているが、まだどの式をとっても全温度域に適合するものはなく、適温付近ではあてはまりが良くても、高・低両温域にずれるほど実際の摂取量との差が開いてくる傾向にある。したがって北海道での冬季間の飼料給与を考える場合、低温環境でのエネルギー要求量を正確に推定することが求められており、そこで得られたエネルギー要求量を充たす飼料給与を行うことが重要となってくる。

ここでは、環境要因のうち環境温度にしばって整理し、滝川畜試における寒冷環境における試験成績をふくめて紹介したい。

1. 寒冷環境と産卵性

産卵鶏の適温域は一般に25℃前後とされるが、MARS DEN and MORRIS¹⁾は、産卵に利用されるエネルギーが最大となるのは23~24℃と計算している。また、エネルギー効率では30℃の時に最大となるが、この温度では産卵が低下してしま

うことを示してしる。環境温度のもたらす影響は飼料摂取量をはじめとして産卵率、卵重、生産効率（卵餌費）、卵質特に卵殻質、破卵率、生存率など多項目の生産反応に現われる。これ

ら生産と温熱環境の関係について、山本²⁾は高温条件と低温条件に分けて、温熱環境に対する生産反応の方向を表1のようにまとめている。つまり環境温度の低下により、飼料摂取量は増

表1 産卵鶏の生産と温熱環境（山本²⁾）

	飼料摂取量*	産卵率	卵重	日産卵量	破卵率	卵質	卵殻質	生存率
高温条件	↓	↓±	↓	↓	↑	↓	↓	↓±
適温条件	○	○	○	○	○	○	○	○
低温条件	↑	↓	±	↓	±	±	±	↓±

*飼料摂取量：エネルギー，蛋白質（アミノ酸），ミネラル，水etc.

加し、産卵率、産卵日量は低下することで生産効率は低下するようになる。生存率は表1では低下もしくは変わらないと表現されているが、低温条件下では気嚢炎の発生が高く、こうした病気の複合汚染による被害は寒冷環境において大きくなるといえよう。また空気環境の制御方法も難しくなり、病気との関連からも大きな課題の一つである。

産卵率と環境温度との関係を生産の現場に近い条件でつかむためには、月齢の違いによる産卵ステージの影響を除去する必要がある。したがって各暦月に全ての産卵ステージの揃った鶏群を調査対象としなくてはならず、道内におけるこのような調査はまだなく、奥村ら^{3, 4)}による埼玉県下で行なった13,500~31,500羽の個体についての調査がその代表例といえよう。この調査によると、産卵率は図1に示したように5月~7月にかけてが最も高く、12~1月にかけて最も低かったことを報告しており、産卵率に対する温度の影響は15~27℃では少なく、15℃

以下において強い影響が認められたとしている。この調査における12月、1月の平均鶏舎内気温はそれぞれ7.8℃、7.0℃であった。また、平均卵重は産卵率とは逆に1月が最も大きく、7月が最も小さくその差は1.5gであり、産卵日量にすると最大値は5~6月にかけてであり、12~1月にかけて最小値を示し、全体的には産卵率の推移によく似ていた（表2）。

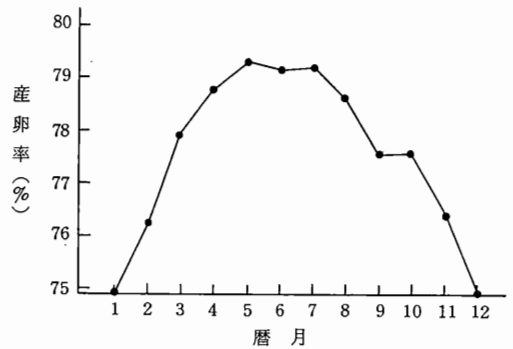


図1 産卵率の暦月による推移（奥村⁴⁾）

表2 産卵率, 卵重, 日産卵量および鶏舎内平均気温の暦月による変動 (奥村¹⁾)

暦月	産卵率 (%)	卵重 (g)	日産卵量 (g/日)	鶏舎内平均気温 (°C)
1	75.0 ^e	64.8 ^a	48.3 ^d	7.0
2	76.2 ^{d, e}	64.7 ^{a, b}	49.1 ^{c, d}	6.8
3	77.9 ^{a, b, c}	64.4 ^{a, b, c}	50.0 ^{a, b, c}	9.5
4	78.7 ^{a, b}	64.1 ^{c, d}	50.3 ^{a, b, c}	13.7
5	79.3 ^a	63.8 ^{d, e, f}	50.4 ^{a, b, c}	19.4
6	79.1 ^{a, b}	63.8 ^{d, e, f}	50.4 ^{a, b, c}	20.0
7	79.2 ^{a, b}	63.3 ^f	50.1 ^{a, b, c}	23.0
8	78.6 ^{a, b}	63.5 ^{e, f}	49.7 ^{a, b, c}	26.2
9	77.5 ^{b, c, d}	63.9 ^{d, e}	49.5 ^{b, c, d}	21.2
10	77.5 ^{b, c, d}	64.3 ^{b, c, d}	49.7 ^{a, b, c}	15.9
11	76.4 ^{c, d, e}	64.5 ^{a, b, c}	49.2 ^{b, c, d}	12.7
12	74.9 ^a	64.7 ^{a, b}	48.3 ^d	7.8
平均	77.5	64.2	46.6	15.3

収益性と環境温度との関係からは, TIMMONS ら⁵⁾ はシミュレーションモデルにより分析を行っている。このモデルでは青森に位置する閉鎖型の鶏舎において, 換気量の調節により鶏舎内温度をコントロールするシステムを想定したシミュレーションの結果, 鶏舎内温度の設定は21°Cのとき粗収入が最大となり, この温度から離れるにしたがって減少したとしている。

2. 環境温度の低下とME摂取量

産卵鶏の場合, その飼料は通常不断給与されており, 飼料摂取量は鶏の自由採食量に支配されている。環境温度の低下に伴って維持のエネルギー要求量が増加し, 要求量の変化に応じて飼料摂取量が増加することは広く知られるところであるが, 要求量が飼料摂取量を制御する,

あるいは飼料摂取量が生産性に制御するということはできない。これらは互いに影響しあう関係にあるといえよう。

DAVIS ら⁶⁾ は図2に示したように, 環境温度を18°Cから7°Cに移した場合と35°Cに移した場合を比較し, 産卵鶏では環境温度の変化に対し35°Cではその順応に2~3週間かかったのにたいし, 7°Cでは最初の1週間の体重の減少も少なく, 飼料摂取量の低下も小さく, エネルギー摂取量, 産卵, 熱産生から見ると1週間後には順応したとしている。

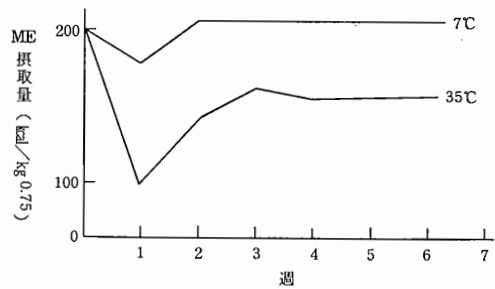


図2 環境温度18°Cから7°Cおよび35°Cに移した時のME摂取量の変化 (DAVISら⁶⁾)

これまで, 産卵鶏に関する環境温度とME摂取量の関係については適温から高温にかけての影響について扱った研究は多いが, 低温環境についての報告はほとんどない。PAYNE⁷⁾ は環境温度の影響について全般的に総説しており, その中で環境温度1°Cの上昇に対して飼料摂取量は1.6%減少すると報告しており, ARC⁸⁾ではこのPAYNEの知見について展開を試みている。つまりそれまでの7報告をもとにして7°Cから35°Cの範囲では, 環境温度が1°C上昇するのにしたがって飼料摂取量は平均して1.7%低下す

るとしている。ここで計算に用いた7報告では、それぞれ扱っている温度範囲が異なるが、1℃当たりの飼料摂取量の変化は0.9～2.9%の範囲であった。したがってARCも飼料摂取量の

減少は、この温度範囲にわたって一様ではなく30℃以上の環境温度ではより急激な摂取量の低下が認められたことを指摘している。

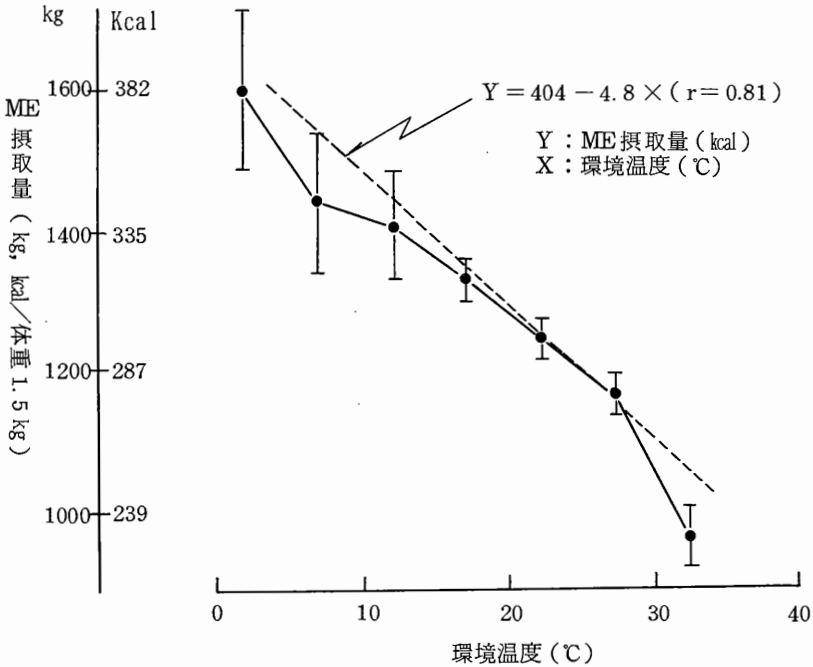


図3 体重1.5kg当りに換算したME摂取量と環境温度の関係 (SYKES¹⁰⁾)

ITO ら⁹⁾が環境調節室内で実験した報告でも同様の結果が述べられており、25℃～35℃においての温度1℃当たりの飼料摂取量の減少率は1.6%であったとしている。このITO らの知見を含む、9つの文献値をもとにして、SYKES¹⁰⁾はME摂取量と環境温度の関係を体重1.5kgに換算して図3のように示している。図中に破線で示しているのがこれらをもとにした直線回帰であり、 $Y = 404 - 4.8X$ (X : °C, Y : ME 摂取量 kcal / 1.5kg · 日 $r = 0.81$) という関係が得られている。しかし、ここでも30～35℃に

かけては採食量のより大きな低下が指摘されている。このように高温の影響が飼料摂取量に強く現われるのは30℃以上のものであるが、低温ではどのあたりからであろうか。

NRC¹¹⁾では乾物中の飼料ME含量が3.17 kcal/kgDMである飼料を給与した場合の採食量の変化を18～25℃の時に対する変化率で表し図4のように環境温度との関係を模式的に曲線として説明している。MARSDEN and MORRIS¹⁾もエネルギー摂取量および熱産生を代謝体重 ($kg^{0.75}$) 当たりの関数で示すとき、15～30℃

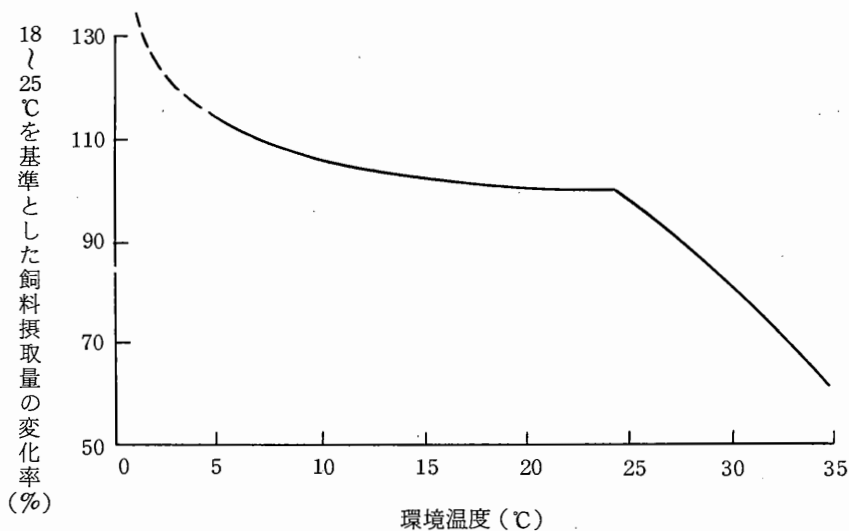


図4 18~25°Cを基準とした飼料摂取量の変化と環境温度の関係 (NRC¹¹⁾)

の範囲では温度の一次関数として表現できるが、この範囲外では傾きを変化させなければならないとしている。幅広い温度範囲を考える場合、環境温度の変化に対する採食量の反応は曲線的であると考えるのが妥当であろう。

3. ME 要求量の推定式

これまで見てきたような環境温度とエネルギー要求量ないしは飼料摂取量との関係を数式化しようとする試みは早くから行なわれてきており、EMMANS and CHARLES¹²⁾、BYERLYら¹³⁾は直線的に変化する式を、BALNAVEら¹⁴⁾、NRC¹⁵⁾、POLIN¹⁶⁾、KOSAKAら¹⁷⁾は曲線的に変化する式を提案しており、できるだけ現実に近い推定値を出せるようにそれぞれ工夫している。しかし、まだどの式をとっても全温度域に適合するものはない。

では、こうした実際の摂取量と推定式で求めた値との差はどうして出てくるのであろうか、

その主な原因は、図4に示したように低温域、適温域および高温域では、それぞれ飼料摂取量の温度に対する変化率が異なる事であろう。したがって、全温度域を一つの推定式で表すのには無理があるものと考えられる。

日本飼養標準¹⁸⁾では体重1kg当たりの維持量を115kcalとして、以下の式により産卵鶏の代謝エネルギー要求量を求めることができるとしており、まだ環境温度の影響については式に

$$MB = 115 \times W^{0.75} + 2.2 \times EM$$

ME : 1日1羽当たりのME要求量(kcal)

W : 体重(kg)

EM : 産卵日量(g)

入れられていない。ARC⁸⁾の飼養標準でも、前述のように本文中で環境温度について論議しているが、推定式では気象環境の幅が広がるのを避けるために、英国で行なわれた試験のみに限定して以下の式を導いており、第2版の段階では式に環境温度の影響について含めていない。

$$ME = 125.3 + 65.8W^{0.75} + 2.75(EM + \Delta W)$$

ΔW : 体重変化 (g/日)

その他の変数は上と同じ

NRC¹⁵⁾ の飼養標準では、エネルギー要求量を推定する式に、環境温度の要因を含めており以下の式を示している。

$$ME = W^{0.75}(173 - 1.95T) + 5.5\Delta W + 2.07EM$$

T: 環境温度 (°C)

その他の変数は上と同じ

このように日本、英国、米国の飼養標準では (英国のものは1975年とまだ古い版であるが) ME要求量の推定式に環境温度の要因を含めたものは米国NRCのものだけである。そこで著者らは、NRCの推定式をもとにして、低温環境に限って、より当てはまりのよい推定式を求めることを試みた。温度調節実験室で-5°Cから20°Cまで5°Cきざみの試験をくり返し、ME摂取量より産卵および体重変化に使われたME

を除算することにより、代謝体重当たりのME要求量 (ME m) を求めた結果、20°Cと15°CではME mに差はなく、15°C以下では環境温度の低下に伴ってME mは直線的に増加することが認められた。そこで15°C以下について回帰を求め (図5) 以下のようなME要求量の推定式を導いた (OZEKIら¹⁹⁾)。

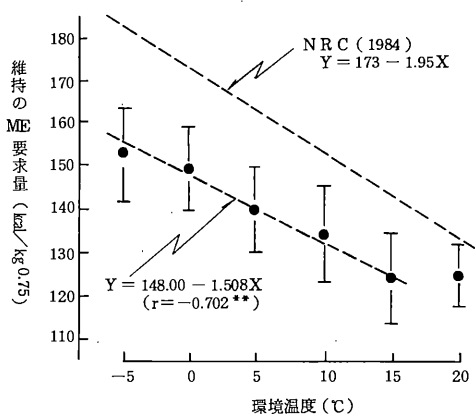


図5 維持のME要求量と環境温度との関係 (OZEKIら¹⁹⁾)

表3 開放鶏舎における産卵成績と推定式による飼料の要求量 (北海道立滝川畜産試験場²⁰⁾)

週 齢	月 日	鶏舎内温度 (°C)			体重 (g)	産卵日量 (g)	飼料摂取量 (g/日)	推定による飼料要求量 (g/日)	
		最低	最高	平均				滝川 (差)	NRC (差)
21-24	10.3 - 10.30	7.0	13.1	10.1	*1658	43.3	106.7	103.8 (-2.9)	114.6 (7.9)
25-28	10.31 - 11.27	4.2	8.6	6.4	1694	52.7	111.0	114.9(3.9)	126.6 (15.6)
29-32	11.28 - 12.25	0.1	4.2	2.1	1731	56.2	116.4	122.2(5.8)	135.1 (18.7)
33-36	12.26 - 1.22	-0.5	4.2	1.9	1767	52.6	114.2	120.9(6.7)	134.1 (19.9)
37-40	1.23 - 2.19	-1.0	4.3	1.6	1804	56.8	120.5	125.5(5.0)	139.0 (18.5)
41-44	2.20 - 3.19	1.3	7.3	4.4	*1840	56.1	117.4	123.8(6.4)	136.8 (19.4)
45-48	3.20 - 4.16	5.3	10.4	7.8	1840	55.4	117.6	117.8(0.2)	130.0 (12.4)
49-52	4.17 - 5.14	8.0	14.2	11.1	1840	53.6	111.9	113.7(1.8)	125.0 (13.1)
53-56	5.15 - 6.11	10.2	17.1	13.7	1840	52.8	111.0	110.9(-0.1)	121.6 (10.6)
57-60	6.12 - 7.9	14.5	21.5	18.0	1840	52.4	110.9	106.9(-4.0)	116.5 (5.6)
61-64	7.10 - 8.6	17.3	22.9	20.1	*1840	49.8	108.2	103.2(-5.0)	112.3 (4.1)

*体重については3時点のみ実測値であり、その他は均等な体重増加をしたものと仮定した。

$$ME = (148.00 - 1.508T)W^{0.75} + 5.5\Delta W + 2.07ME$$

変数は上と同じ

この推定式は環境温度が15℃以下の場合についてのみ適用できる式であり、開放鶏舎における産卵成績の観測値と比較した結果、表3に示したように寒冷環境での当てはまりのよいことも確認された(北海道立滝川畜産試験場²⁰⁾)。

4. 飼料のME含量と飼料摂取量

NRC¹⁵⁾では飼料摂取量は飼料のME含量にも影響されるが、産卵鶏は自らのエネルギー要求量を満足させるように採食する傾向があると提唱しているが、MORRIS²³⁾が指摘しているようにエネルギー含量の異なる飼料を給与された産卵鶏ではエネルギー摂取量を等しく保つようにある程度調節する傾向にあるが、この調節する作用は完全とはいえない(図6)。そして飼料のエネルギー含量の違いによるエネルギー摂取量の変動について、ME 2700kcal/kgの飼料を基準とした以下のような関係式を公表している。

$$Y = Y_{2700} + (0.0005465Y_{2700} - 0.1466)(X - 2700)$$

Y: エネルギー摂取量 (kcal/羽・日)

Y_{2700} : ME 2700kcal/kg飼料を給与した時のエネルギー摂取量

X: 給与飼料のME含量

こうした飼料のエネルギー含量が高くなると飼料摂取量は少なくなるが、エネルギー摂取量は逆に多くなるという傾向は、20℃から32℃までの範囲において環境温度にかかわらず同様であることをSYKES⁹⁾はME 2438kcal/kg, 2892kcal/kg, 3370kcal/kgの3種類の飼料を使った試験結果より説明している。

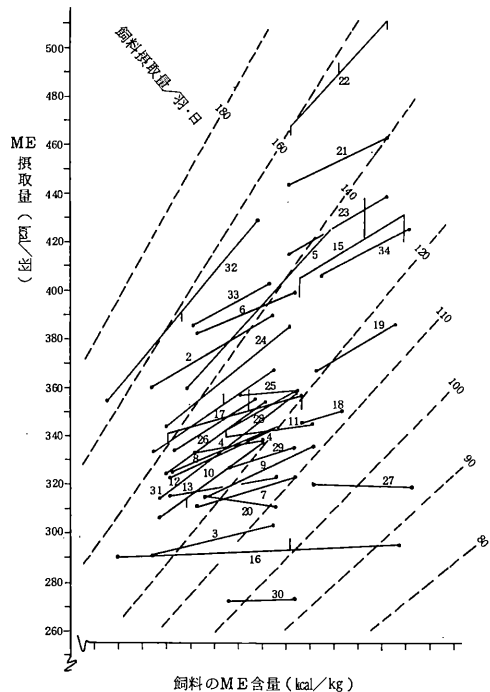


図6 飼料のエネルギー含量とME摂取量の関係 (MORRIS²³⁾)

低温環境でも同様なことがいえるであろうか。滝川畜試における一連の試験の最初の結果によると(小関ら²¹⁾)0℃から15℃までの低温環境における検討において、飼料中のエネルギー含量を高めていくと、ME摂取量も多くなっていくことが示された。この結果について、環境温度域を-5℃から20℃までに広げ調査羽数を増やして検討した結果も(小関ら²²⁾)前報と同様の傾向が確認できた。つまり、-5℃から20℃までの全ての環境温度において、飼料摂取量は低ME区 (ME 2500kcal/kg)が最も多く、次いで中ME区 (ME 2800kcal/kg), 高ME区 (ME 3100kcal/kg)の順となるが、ME摂取

量では逆に、高ME区、中ME区、低ME区の順となった。

生産を考える場合、飼料摂取量とエネルギー要求量とは区別して考える必要がある。現実には低温域での飼料摂取量の増加が要求量の増加ほどには見込めずに、生産効率だけではなく生産量の減少が出現することは、自由採食量が、産卵鶏の物理的、化学的制約あるいは環境的な制限によって、その要求量を充たすための飼料摂取量より低くなる場合であると考えられる。

こうしたことの飼養面からの解決のためには、低温域での要求量を正確に把握することが前提となるが、一方それ充たすための飼料および給与方法を考えなくてはならない。前述のように飼料中のエネルギー含量を高めると飼料摂取量は減るが、エネルギー摂取量は多くなることが明らかとなってきたが、こうした生理的な傾向を生産に有利となるように利用できるかの検討が次の問題である。MORRIS²³⁾は、高エネルギー飼料を給与された鶏ではたいていエネルギーを過剰摂取し、より低いエネルギー飼料を給与された鶏よりも体重増加が大きくなるとして、産卵鶏に対しては高エネルギー飼料は効率が悪くなるとまとめているが、低温環境に限っていえばどうであろうか。

開放鶏舎において寒冷期22週間にわたる産卵試験の結果（小関ら²²⁾）によると、ME3100 kcal/kg飼料を給与すると、ME2800kcal/kg飼料を給与した鶏群と比べ、飼料摂取量は少なくなるが、1日1羽当たりのME摂取量が平均で24.5kcal多く、産卵成績では産卵日量で1g前後高くなり、飼料要求率では約0.1改善された。ただし産卵に対するMEの効率は低下

した。この試験については引き続き18週間（4月～7月）の産卵成績について支部大会において報告しており（小関ら²⁴⁾）春以降ではME摂取量および産卵日量とも傾向は同じであったが、両飼料間の差は小さくなる傾向がうかがえた。

VOHRA²⁵⁾は、15.6℃と26.7℃のいずれの環境温度においても、維持のエネルギー要求量は低ME飼料（1980kcal/kg）を給与した鶏は、中ME飼料（2830kcal/kg）を給与した鶏よりも低くなることから、維持のエネルギー要求量は飼料のエネルギー水準によって影響されると報告している。同様なことが低温環境の成績（OZEKIら¹⁹⁾）からもいえることから、寒冷環境下で高エネルギー飼料を給与すると、生産量の低下を防ぐことはできるが、産卵に対する生産効率は低下することになると思われる。

冬季寒冷時用の高エネルギー飼料を有効に使うためにも飼料のME含量の違いと環境温度との相互関係については更に詳しい知見を積み重ねていく必要があるものと思われる。

おわりに

低温環境がもたらす悪影響は、栄養面からある程度は緩和することができよう。しかしこれにも当然限度があることから、平行して環境温度自体を適温に近づける努力が必要であろう。北海道の気象条件を考えた場合、断熱、保温を考慮した寒地型の鶏舎の普及が待たれるところである。

文 献

- 1) MARSDEN, A and T. R. MORRIS, Br. Poult. Sci., 28 : 693-704. 1987.
- 2) 山本禎紀, 養鶏における温熱環境の課題, 第46会チャンキー技術ゼミナール資料, 1987.
- 3) OKUMURA, J., N. MORI, T. MURAMATU, I. TASAKI and F. SAITO, Poult. Sci., 67 : 1130-1138. 1988.
- 4) 奥村純市, 畜産の研究, 41 : 689-694. 1987.
- 5) TIMMONS, M. B., S. HOSHIBA and S. SASE, J. of the Society of Agricultural Structures, Japan, (Contributing)
- 6) DAVIS, R. H., O. E. M. HASSAN and A. H. SYKES, J. Agric. Sci., 79 : 363-369. 1972.
- 7) PAYNE, C. G., The influence of environmental temperature on egg production. in Environmental Control in Poultry Production, (CARTER, T. C. ed.) 40-54 Olyver & Boyd. Edinburgh and London. 1967.
- 8) AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL, The nutrient requirement of farm livestock No. 1 Poultry, Commonwealth Agricultural Bureaux. London. 1975.
- 9) ITO, I., T. MORIYA, S. YAMAMOTO and K. MIMURA J. Fac. Fish. Anim. Husb. Hiroshima Univ. 9 : 151-160. 1970.
- 10) SYKES, A. H., Nutrition-environment interactions in poultry. in Nutrition and Climatic Environment (HARESIGN, W, H. SWAN and D. LEWIS eds.) 17-29 Butterworths. London. 1977.
- 11) NATIONAL RESEARCH COUNCIL, Effect of environment on nutrient requirements of domestic animals, National Academy Press Washington, D. C. 1981.
- 12) EMMANS, G. C. and D. R. CHARLES, Climatic environment and poultry feeding in practice. in Nutrition and Climatic Environment (HARESIGN, W, H. SWAN and D. LEWIS eds.) 31-49 Butterworths. London 1977.
- 13) BYERLY, T. C., J. W. KESSLER, R. M. GOUS and O. P. THOMAS, Poult. Sci., 59 : 2500-2507. 1980.
- 14) BALNAVE, D., D. J. FARELL and R. B. CUMMING, World's Poult. Sci. J. 34 : 149-154. 1978.
- 15) NATIONAL RESEARCH COUNCIL, Nutrient Requirement of Poultry 8th ed., National Academy Press. Washington, D. C. 1984.
- 16) POLIN, D., Feedstuffs. 55(Jan. 31.) : 21-22 1983.
- 17) KOSAKA, K., M. ANDO and M. TAKEMASA, Proc. 18th World's Poultry Congress 953-955. 1988.
- 18) 農林水産技術会議事務局, 日本飼養標準家禽 中央畜産会. 東京. 1984.
- 19) OZEKI, T., C. TAMURA, S. MORISAKI, T. TAKAHASHI and M. TANAKA, Proc. 18th World's Poultry Congress 948-949. 1988.
- 20) 北海道立滝川畜産試験場, 寒冷期における産卵鶏のエネルギー要求量の解明ならびに寒地向け冬季飼料の開発, 平成元年度北海道農業試験会議資料. 1990.
- 21) 小関忠雄・森寄七徳・田村千秋・高橋武・田中正俊, 日本家禽学会1985年秋季大会講

演要旨, p31. 1985.

22) 小関忠雄・森崙七徳・田村千秋・高橋
武・田中正俊, 日本家禽学会1987年春季大会講
演要旨, p40. 1987.

23) MORRIS, T. R, Br. Poult. Sci., 9 : 285-295.
1968.

24) 小関忠雄・森崙七徳・田村千秋・高橋
武・田中正俊, 日畜学会道支部会報, 30(1) : 30.
1987.

25) VOHRA, P., W. O. WILSON and T. D. SIOPES,
Poult. Sci., 58 : 674-680. 1979.