乳用山羊の代謝に関する研究

Ⅲ 体表面積推定式の決定

齋藤道雄(名古屋大学農学部)・田先威和夫(新潟大学農学部)

安中昭雄(新潟県立加茂農業高校)

Studies on the metabolism of dairy goat

Ⅲ Deciding the formula for calculating the body surface area

MICHIO SAITO (Faculty of Agriculture, Nagoya University), IWAO TASAKI

(Faculty of Agriculture, Niigata University) and AKIO ANNAKA (Kamo

Agricultural High School, Niigata)

I 緒 言

動物の発散熱量は体表面積に比例するという事は、夙に RUBNER⁷⁾ により立証されたものであるが、代謝試験を行うに当り動物の体表面積を実測する事は非常な労力を要し、屢々困難を伴う事がある。その為に古くから体表面積を算出する式が発表されているが、MEEH³⁾ は動物を単一立体と見做してその体表面積と体重との数学的關係から、動物の比重を同一と仮定して $A=KW^{\frac{2}{3}}$ (茲にAは体表面積、Wは体重、Kは常数とする) なる式を提唱して人に対するKを決定した。その後 RUBNER⁶⁾ は、犬、兎、鶏、モルモット、鼠、蛙等に就き常数Kを決定し、又 TROWBRIDGE et al.⁹⁾ は牛に就いてのKを決定した。その後 MOULTON⁴⁾ は牛に対して MEEH の式を改変し、又 Du Bois et al.¹⁾ は体高及び体重より体表面積を算出する式を人に就いて発表し、更に HOGAN and SKOUBY²⁾ は牛及び豚に対して、体長及び体重よりの算出式を発表した。後れて RITZMAN et al.⁵⁾ は山羊に対する算出式を決定している。

著者等は乳用山羊の代謝を研究するに当り、山羊に就いてこの種の研究が皆無である事を痛感したので、本研究を行つたので発表する。

II 実験材料及び測定方法

供試山羊は新潟県南蒲原郡森町村、新潟県種畜場に於いて飼養されている Saanen 種牝 10 頭を用いた。年令は生後4ヶ月より6年に到るまで、体重は 16 kg より 54 kg、体長は 54 cm より 78 cm に亘るものであり、栄養状態も良好なものから稍々不良なものまで種々存した。

体重は衡器を用いて kg 単位で測定し、体長は HOGAN 等の如く、髻甲最上端より坐骨末端に到るまでの体表面に沿つた最短距離を巻尺を用いて cm 単位に測定した。以上は次に述べる体表面積測定と略々同時(大体毎日正

午附近)に行い、飲水は測定直前には許可しなかつた。以上の測定結果は總括して第1表に示されている。

第1表 体重、体長及び体表面積測定値

山羊 番号	栄 状	養 態	年 令	体 重	体 長	体表面積
			年 月	kg	cm	sq. cm
1	普	通	5. 4	41.0	69.8	11,632
2	普	通	2. 3	42.5	74.6	11,779
3	良	好	2. 4	54.0	76.5	13,003
4	普	通	3. 3	52.8	77.6	13,262
5	稍	不良	4. 3	34.2	70.9	10,746
6	普	通	1. 1	30.5	66.2	9,750
7	普	通	1. 4	32.0	65.8	9,906
8	良	好	. 4	25.6	64.5	7,937
9	普	通	. 4	20.0	61.2	7,580
10	普	通	. 4	16.1	53.6	6,327

体表面積測定は HOGAN 等の方法により行つた。即ち体表の右半部を直接測定する為、鼻端より尾根に到る背腹正中線に正確な標識を附し、更に測定を容易にするために体を次に掲げる7部位に分割し、夫々の測定値を合計して更にこれを2倍し、全体表面積とした。体表面積測定には、予めマニラペーパーで、0.5、1.0、2.0、2.5及び3.0cm幅の細帯を用意した。一面にアラビアゴムを塗布し、夫々測定部位に適した細帯を毛皮上に貼着した。充分固着して型を形成する迄放置し、次いで漸次取はづして各部位の型を作製した。この際供試山羊は充分温和であつたので測定は容易且正確に行われた。型はよく乾燥し、平板上に於て各小片が平面になる如く細切し、之を可及的整一なるトレーシングペーパー上に転写切断して各部位毎に秤量した。別に一定面積の同質紙を秤量して単位面積当りの重量を算出しておき、各部位毎の秤量値を合計した全重量より換算して全表面積を求め、これを第1表にしめした。

尚分割した7部位を記載すると次の如くであり、夫々各部位の測定値を表示すると第2表の如くである。

- 1) 頭部：第1頸椎と下顎隅を通る線より前位。
- 2) 頸部：第7頸椎を通り頸部を区劃する線より前位にして頭部より後位。

- 3) 肩部：頸部以後，肩甲骨上後隅直後を通る垂直線迄。
 4) 中軀：肩部以後，最終腰椎を通る垂直線より前位。
 5) 後軀：中軀より後位部にして，後肢を除く。
 6) 前肢：撓骨上端を通る水平線より第2指骨まで。
 7) 後肢：脛骨上端を通る水平線より第2趾骨まで。

第2表 測定各部位毎の測定値 (体表の半部に就て示す)

山羊番号	頭部	頸部	肩部	中軀	後軀	前肢	後肢	合計	体表面積※ (重量合計より換算)
	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	sq. cm
1	18,153	16,655	20,974	48,462	38,996	11,810	18,795	173,846	5,816.0
2	14,960	17,927	22,593	49,123	39,248	12,893	19,297	176,041	5,889.4
3	17,811	17,521	26,983	59,523	36,431	14,281	21,788	194,338	6,501.4
4	19,324	18,723	23,443	56,740	31,988	24,011	23,973	198,192	6,630.8
5	14,967	14,182	20,887	50,037	26,227	13,104	18,155	160,598	5,372.8
6	14,486	13,932	17,302	46,043	21,822	14,720	18,406	145,711	4,875.1
7	14,622	16,330	23,867	38,609	22,104	13,181	19,344	148,057	4,953.2
8	10,676	10,987	17,193	35,196	17,878	11,644	15,055	118,629	3,968.7
9	12,127	9,509	16,893	32,417	15,996	10,444	15,902	113,288	3,790.0
10	9,542	6,974	13,751	30,105	11,308	9,200	13,682	94,562	3,163.5

(※ トレーシングペーパー 100sq. cm 当り重量 298.9mg を用いて換算)

III 体表面積推定式の決定

本報に於いては，体表面積推定式として，体表面積—体重の回帰式及び体表面積—体重・体長の回帰式の両式を取扱った。夫々の決定方法は次に示す如くである。茲に，体重をW(kg)，体長をL(cm)，体表面積をA (sq. cm) で表した。

A 体表面積—体重回帰式の決定。

a) 回帰式の算出

一般式を $A=KW^b$ とする。但し，K, bは常数。両辺の対数をとる，

$$\log A = \log K + b \log W.$$

$$\log A = Y, \log W = X, \log K = a \text{ とすれば}$$

$$Y = a + bX$$

第1表よりW, Aを夫々代入してX, Yを算出し，夫々の合計をSで表わすと次表の如くなる。

山羊番号	W	A	X	Y
1	41.0	11632	1.61278	4.06565
2	42.5	11779	1.62839	4.07111
3	54.0	13003	1.73239	4.11404
4	52.8	13262	1.72263	4.12161
5	34.2	10746	1.53403	4.03125
6	30.5	9750	1.48430	3.98900
7	32.0	9906	1.50515	3.99590

8	25.6	7937	1.40824	3.89966
9	20.0	7580	1.30130	3.87967
01	16.1	6327	1.20683	3.80120

$$\text{合計 (S)} \quad SX = 15.13577 \quad SY = 39.96909$$

上表より

$$\bar{y} = \frac{SY}{n} = 3.99691$$

$$\bar{x} = \frac{SX}{n} = 1.51358$$

茲に， $\bar{x}$, $\bar{y}$ は夫々X, Yの平均値，nは観測数を示す。次に偏差の平方和及び積和を作り，夫々 S_x^2 , S_y^2 , S_{xy} で表わす。

$$S_x^2 = S(X - \bar{x})^2 = 0.26633$$

$$S_y^2 = S(Y - \bar{y})^2 = 0.11050$$

$$S_{xy} = S(X - \bar{x})(Y - \bar{y}) = 0.16489$$

これらの値より，a, bが次の如く決定される。

$$b = \frac{S_{xy}}{S_x^2} = 0.619$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = 3.05982$$

依つて， $Y = 3.05982 + 0.619X$

即ち， $\log A = 3.05982 + 0.62 \log W$

又は $A = 1147.7W^{0.62}$

b) 回帰の分散分析

本回帰の有意性を検定するために分散分析を下表の如く行つた。

要因	自由度	平方和	分散 $\left(\frac{\text{平方和}}{\text{自由度}} \right)$	分散比 $\left(\frac{\text{回帰の分散}}{\text{偏差の分散}} \right)$	F_{n-2}^1
回帰	1	$\frac{(S_{xy})^2}{S_x^2} = 0.10209$	$\frac{(S_{xy})^2}{S_x^2} \div 1 = 0.10209$	$F = \frac{0.10209}{0.00105} = 97.22$	$> F_8^1 = 25.4$ ($P = 0.001$)
偏差	$n-2=8$	$Sd^2_{y \cdot x} = S_y^2 - \frac{(S_{xy})^2}{S_x^2} = 0.00841$	$S^2_{y \cdot x} = \frac{Sd^2_{y \cdot x}}{n-2} = 0.00105$		

但し $d_{y \cdot x}$ は回帰よりの偏差を， $S^2_{y \cdot x}$ は偏差の分散を示す。F分布表に依り， $F_{n-2}^1 = F_8^1 = 25.4$ ($P = 0.001$) を得るので，分散比 $F = 97.22 > 25.4 = F_8^1$ となり，本

回帰は 99.9% 以上の確率で有意と認定される。尚本回帰の標準偏差は

$$S_{y \cdot x} = \sqrt{S^2_{y \cdot x}} = 0.033 \text{ である。}$$

c) 各推定値の標準誤差

Xより算出した推定値を $\hat{Y}$ とし、その標準誤差を $S_{\hat{Y}}$ とする。 $S_{\hat{Y}}$ は次式により求められる。

$$S_{\hat{Y}} = S_{y \cdot x} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(X - \bar{x})^2}{S_x^2}}$$

本測定は自由度 $n-2=8$ であるから、 $p=0.05$ とすれば、 t -分布表より $t(d.f.=8, p=0.05)=2.31$ を得る。故に $\hat{Y} \pm t \cdot S_{\hat{Y}}$ が $\hat{Y}$ の信頼幅を示す。 $\hat{Y}, \hat{Y} \pm t \cdot S_{\hat{Y}}$ より体表面積の推定値 $\hat{A}$ 及びその信頼限界 A_1, A_2 を求め、更に誤差率を計算すると第3表の如くなる。

第3表 推定値及びその95%信頼限界並びに誤差率

W	$\hat{A}$	信頼限界		誤差率	
		A_1	A_2	$\frac{A_1 - \hat{A}}{\hat{A}} \times 100$	$\frac{A_2 - \hat{A}}{\hat{A}} \times 100$
kg	Sq. cm	Sq. cm	Sq. cm	%	%
41.0	11,411	10,740	12,124	-5.88	6.25
42.5	11,695	10,949	12,491	-6.40	6.81
54.0	13,564	12,396	14,842	-8.61	9.42
52.8	13,376	12,258	14,597	-8.36	9.13
34.2	10,222	9,682	10,793	-5.28	5.59
30.5	9,523	9,017	10,058	-5.31	5.62
32.0	9,811	9,296	10,354	-5.25	5.53
25.6	8,545	8,015	9,109	-6.20	6.60
20.0	7,354	6,732	8,033	-8.46	9.23
16.1	6,410	5,718	7,190	-10.80	12.17

第3表に依り、本回帰及び推定値の95%信頼幅を図示すると第1図の如くなる。

第1図 $A=1147.7W^{0.62}$ とその95%信頼幅

B 体表面積-体重・体長回帰式の決定

a) 回帰式の算出

一般式を $A = KW^bL^{b'}$ とする。但し k, b, b' は常

数。両辺の対数をとる、

$$\log A = \log K + b \log W + b' \log L$$

$\log A = Y, \log W = X_1, \log L = X_2, \log K = a$ とすれば

$$Y = a + bX_1 + b'X_2$$

第1表より、 W, L, A を夫々代入して X_1, X_2 及び Y を算出し、夫々の合計を求めると次表の如くなる。

山羊 番号	W	L	A	X_1	X_2	Y
1	41.0	69.8	11632	1.61278	1.84386	4.06565
2	42.5	74.6	11779	1.62839	1.87274	4.07111
3	54.0	76.5	13003	1.73239	1.88366	4.11404
4	52.8	77.6	13262	1.72263	1.88986	4.12161
5	34.2	70.9	10746	1.53403	1.85065	4.03125
6	30.5	66.2	9750	1.48430	1.82086	3.98900
7	32.0	65.8	9906	1.50515	1.81823	3.99590
8	25.6	64.5	7937	1.40824	1.80956	3.89966
9	20.0	61.2	7580	1.30103	1.78675	3.87967
10	16.1	53.6	6327	1.20683	1.72916	3.80120
合 計 (S)				$\frac{SX_1}{n} = 15.13577$	$\frac{SX_2}{n} = 18.30533$	$\frac{SY}{n} = 39.96909$

上表より

$$\bar{y} = \frac{SY}{n} = 3.99691$$

$$\bar{x}_1 = \frac{SX_1}{n} = 1.51358$$

$$\bar{x}_2 = \frac{SX_2}{n} = 1.83053$$

$$S_{x_1}^2 = S(X_1 - \bar{x}_1)^2 = 0.26633$$

$$S_{x_2}^2 = S(X_2 - \bar{x}_2)^2 = 0.02159$$

$$S_y^2 = S(Y - \bar{y})^2 = 0.11050$$

$$S_{x_1x_2} = S(X_1 - \bar{x}_1)(X_2 - \bar{x}_2) = 0.07359$$

$$S_{x_1y} = S(X_1 - \bar{x}_1)(Y - \bar{y}) = 0.16489$$

$$S_{x_2y} = S(X_2 - \bar{x}_2)(Y - \bar{y}) = 0.04546$$

以上の数値より相関係数 γ を算出する。

$$\gamma_{x_1y} = \frac{S_{x_1y}}{\sqrt{S_{x_1}^2} \cdot \sqrt{S_y^2}} = 0.96252$$

$$\gamma_{x_2y} = \frac{S_{x_2y}}{\sqrt{S_{x_2}^2} \cdot \sqrt{S_y^2}} = 0.93790$$

$$\gamma_{x_1x_2} = \frac{S_{x_1x_2}}{\sqrt{S_{x_1}^2} \cdot \sqrt{S_{x_2}^2}} = 0.97677$$

しかるときは a, b 及び b' が次の様にして求められる。

$$b = \frac{\gamma_{x_1y} - \gamma_{x_2y} \cdot \gamma_{x_1x_2}}{1 - (\gamma_{x_1x_2})^2} \cdot \frac{\sqrt{S_y^2}}{\sqrt{S_{x_1}^2}} = 0.313$$

$$b' = \frac{\gamma_{x_2y} - \gamma_{x_1y} \cdot \gamma_{x_1x_2}}{1 - (\gamma_{x_1x_2})^2} \cdot \frac{\sqrt{S_y^2}}{\sqrt{S_{x_2}^2}} = 1.079$$

$$a = \bar{y} - (b\bar{x}_1 + b'\bar{x}_2) = 1.54849$$

依つて $Y = 1.54849 + 0.313X_1 + 1.079X_2$

即ち、 $\log A = 1.54849 + 0.313 \log W + 1.079 \log L$

又は $A = 35.36W^{0.313}L^{1.079}$

b) 回帰の分散分析

本回帰の有意性を検定するために分散分析を行った。

先づそのためには次式により重相関係数Rを算出する必要がある。

$$R = \frac{(\gamma_{x_1y})^2 + (\gamma_{x_2y})^2 - 2\gamma_{x_1y} \cdot \gamma_{x_2y} \cdot \gamma_{x_1x_2}}{1 - (\gamma_{x_1x_2})^2} = 0.9526$$

次いで分散比を下表の如く求めた。

要因	自由度	平方和	分散(平方和/自由度)	分散比(回帰の分散/偏差の分散)	F_{n-3}
回帰	2	$R^2 \cdot S_y^2 = 0.1019$	$\frac{R^2 S_y^2}{2} = 0.0510$	$F = \frac{0.0510}{0.0012} = 44.16$	$\sqrt{F_7^2} = 21.7 (P=0.001)$
偏差	$n-3=7$	$(1-R^2)S_y^2 = 0.0081$	$S_y^2 \cdot s_{x_1x_2} = \frac{(1-R^2)S_y^2}{n-3} = 0.0012$		

F分布表により、 $F_{n-3}^2 = F_7^2 = 21.7 (P=0.001)$ を得るので、分散比 $F = 44.16 > 21.7 = F_7^2$ となり、本回帰は99.9%以上の確率で有意と判定される。尚本回帰の標準偏差は、

$$S_{y \cdot x_1x_2} = \sqrt{S_y^2 \cdot s_{x_1x_2}} = 0.035 \text{ である。}$$

c) 各推定値の標準誤差

本回帰に於いて各推定値 $\hat{Y}$ の標準誤差 $S_{\hat{Y}}$ は次式により求められる。

$$S_{\hat{Y}} = S_{y \cdot x_1x_2} \sqrt{\frac{1}{n} + C_{11}(X_1 - \bar{x}_1) + C_{22}(X_2 - \bar{x}_2) + 2C_{12}(X_1 - \bar{x}_1)(X_2 - \bar{x}_2)}$$

茲に C_{11} , C_{22} 及び C_{12} は乗数であり、次の如くして求められる。

$$C_{11} = \frac{S_{x_2}^2}{S_{x_1}^2 \cdot S_{x_2}^2 - (S_{x_1x_2})^2} = 65.42$$

$$C_{22} = \frac{S_{x_1}^2}{S_{x_1}^2 \cdot S_{x_2}^2 - (S_{x_1x_2})^2} = 807.06$$

$$C_{12} = \frac{-S_{x_1x_2}}{S_{x_1}^2 \cdot S_{x_2}^2 - (S_{x_1x_2})^2} = -223.00$$

以上により求められた数値より、体表面積・体重回帰式の場合と同様に測定値W及びLより算出した推定値 $\hat{A}$ 及びその95%信頼限界 A_1 , A_2 を求め、更に誤差率を計算して第4表に掲げた。

第4表 推定値及びその95%信頼限界並びに誤差率

W	L	$\hat{A}$	信 頼 限 界		誤 差 $\hat{A}$	
			A_1	A_2	$\frac{A_1 - \hat{A}}{\hat{A}} \times 100$	$\frac{A_2 - \hat{A}}{\hat{A}} \times 100$
kg	cm	Sq.cm	Sq.cm	Sq.cm	%	%
41.0	69.8	11,036	10,169	11,978	-7.86	8.54
42.5	74.6	11,995	10,993	13,396	-8.35	11.68
54.0	76.5	13,280	11,972	14,731	-9.85	10.93
52.8	77.6	13,392	12,139	14,774	-9.36	10.32
34.2	70.9	10,605	9,613	11,699	-9.35	10.32
30.5	66.2	9,523	8,948	10,089	-5.83	6.18
32.0	65.8	9,582	8,878	10,343	-7.35	7.94
25.6	64.5	8,746	8,058	9,492	-7.87	8.53
20.0	61.2	7,649	7,125	8,212	-6.85	7.43
16.1	53.6	6,194	5,317	7,217	-14.16	16.52

C 両式の比較

以上により両回帰は何れも高度の確率で認められることが分つたので、次ぎに実際上何れを用いる方が良いかを比較検討してみた。両式の標準偏差を見ると、既に記した様に体重のみから換算する式に於いては、

$S_{y \cdot x} = 0.033$ にして、他は $S_{y \cdot x_1x_2} = 0.035$ となつた。これによると前者の分散が若干少いとも思はれるが、この程度の差では前者がより良く適合すると断定する事は困難である。又夫々の推定値の誤差率を第3表及び第4表に就いて比較してみても前者の方が一般に信頼幅が狭いことが分る。更に実際上の取扱いから比較すると、計算上及び測定上から変動要因の少い方が便利であり、且体長には測定誤差の導入される危険率も大きい。故に HOGAN and SKOUBY²⁾ の考え方とは反対であるが、

体重のみから推定した方がよいと考えられた。依つて著者等は乳用山羊の体表面積の推定式として、

$A = 1147.7W^{0.62}$ (但しAは体表面積(Sq.cm) Wは体重(kg)を示す)と決定した。それによると本式は MOULTON⁴⁾により牛以外の動物に与えられた式

$A = 1186W^{0.625}$ と非常に良く一致している事が分つた。

IV 本式の応用例—乳用山羊の発生熱量算出

さきに著者等の一人は第1報³⁾に於いて、乳用山羊の熱代謝に就いて報告した。即ち餓餓時に於いて体重50kg 当り1日の発生熱量として1,018Cal. を与えたが、これは山羊の体表面積が、MEEHにより $W^{0.75}$ に比例するという理論に基いて計算したものである。本報に依り山羊

の体表面積は $W^{0.62}$ に比例することが分つたので、これにより再計算すると平均 993Cal. となる。体重 50kg の山羊の体表面積を $A=1147.7W^{0.62}$ に依り算出すると、 $1.29778q \cdot m$ となるので、体表面積 $1Sq \cdot m$ 当りの発生熱量は 765Cal. となり、RUBNER に依る他家畜のものよりも若干少い事が分つた。

V 摘 要

- 1) 体重 16.1~54.0kg の牝山羊 10 頭を用い、体重、体長及び体表面積を実測して体表面積推定式を求めた。
- 2) 体表面積・体重の関係による公式と、体表面積・体重・体長の関係による公式に就いて比較すると、理論上両者は略々近似した結果を得たが、実用上から見て前者が便利であると結論した。
- 3) 著者等の実験成績から体表面積推定式として次式を決定した。

$A=1147.7W^{0.62}$ (A は体表面積 ($Sq \cdot cm$), W は体重 (kg) を表わす)。

- 4) 第 1 報に報告した山羊の発生熱量を再計算して、体重 50kg 当り 993Cal., $1Sq \cdot m$ 当り 765Cal. なる数値を得た。

本研究実施に当り、山羊の使用を快諾され、更に種々便宜を供された新潟県種畜場小林恒治場長及び知野正技師に対し感謝の意を表する。

引 用 文 献

- 1) DU BOIS, D. and DU BOIS, E. F. (1915): Arch. Internal Med., 15; 868.
- 2) HOGAN, A. G. and SKOUBY, C. I. (1923): J.

Agri. Res., 25; 419.

- 3) MEEH, K. (1879): Z. f. Biol., 15; 425.
- 4) MOULTON, C. R. (1916): J. Biol. Chem., 24; 299.
- 5) RITZMAN, E. G. et al. (1934): Ann. Rev. Biochem., 3; 332.
- 6) RUBNER, M. (1833): Z. f. Biol., 19; 535.
- 7) — (1894): Z. f. Biol., 30; 73.
- 8) 田先威和夫 (1951): 日本畜産学会報, 22; 27.
- 9) TROWBRIDGE, P. F., MOULTON, C. R. and HAIGH, L. D. (1915): Mo. Agri. Exp. Sta. Res. Bul., 18; 62.

(1953. 10. 30. 受付)

Résumé

For calculating the surface area of dairy goat, two formulae, that is, the basis of body weight only and the basis of both body weight and body length, can be considered.

Statistically the difference between two formulae was found to be small; but the formula deduced from the basis of body weight only was found to be practically more superior. The formula found by us is: $A=1147.7W^{0.62}$ where, A is the surface area in square centimeters, and W is the weight of body in kilograms.

The heat production in dairy goat per 1 square meter of body surface was calculated by using the data of the previous report (TASAKI, '51) and we found it to be 765 Cal.

外国文献抄録

The metabolism of nitrate and nitrite in the sheep 2. Hydrogen donors in nitrate reduction by rumen micro-organisms in vitro.

D. LEWIS (1951): Biochem. J. 49, 149—153.

第 1 報に於て (抄録, 本誌 23 巻 4 号 143 頁参照), 綿羊の第一胃内に於て硝酸塩が亜硝酸塩を経てアンモニアにまで還元される事を明らかにしたが、この過程に於ける H-donators が何であるかについては知られて居ないので、第一胃容物より洗滌分離して得た微生物の Suspension を用いてその in vitro の研究を行った。その結果 H_2 ガスは硝酸塩をアンモニアに還元する際に最も有効

な H-donor であつた (理論値の 95~100% を示した)。亜硝酸塩及びヒドロキシルアミンも亦アンモニアにまで還元されるが、前者は硝酸塩の還元される際にその初期の段階に於て中間物としてあらわれてくる。以上の反応に於て H_2 ガスが硝酸塩、亜硝酸塩及びヒドロキシルアミンを還元する最適 PH は夫々 6.5, 5.6 及び 6~7 であつた。Formate, succinate, lactate, citrate, glucose, maltose 及び mannitol も硝酸塩還元の際して、H-donor として役立つが、之等は H_2 ガスよりずつと弱かつた。しかして之等のいずれが綿羊第一胃内に於て、その微生物による硝酸塩還元の H-donor として関与しているかは示されなかつた。glycerol, xylose 及び ethanol は殆んど H-donor としての効果が無く、acetate, propionate 及び n-butyrate は完全に H-donor としては不活性であつた。(保井忠彦)