第一胃ガス発生と飼料との関係 (第5報)*

炭 水 化 物 の 影 響

松 本 達 郎 (東北大学農学部飼養学教室)

昭和 33 年 7 月 10 日 受 理

反芻家畜の第一胃ガスの生成状況及びその組成は、飼料の種類、給与条件等によってかなり大きく変動する⁽¹⁻⁸⁾。前報^(4,5)において、市販の糖蜜-尿素入り飼料を山羊に給与した場合、第一胃ガスの発生、特に CO₂ の生成が一段と活発になることを確め、更に純粋の葡萄糖及び尿素的の一定量を第一胃内に注入し、第一胃ガス組成の変化と第一胃内液中の糖及び尿素的の消失状況、並びに揮発性脂肪酸 (V. F. A.) 及びアンモニア態窒素の生成状況とを検討し、糖蜜-尿素入り飼料給与時と比較した。今回の実験では葡萄糖と尿素とを同時に注入した場合の第一胃ガス組成の経時的変化の模様を検討すると共に、炭水化物として葡萄糖、澱粉及び繊維素の一定量を夫々単独で第一胃内に注入した場合について、第一胃ガス組成の変化、並びに第一胃内液の pH, V. F. A., アンモニア態窒素及び糖濃度の変化を追究し、炭水化物の種類による影響の差異を比較検討した。尚、尿素的の影響の詳細は次報に報告する予定である。

実 験 の 部

実験動物は体重 33 kg の去勢牡山羊 (No. 1) 及び体重 50 kg の牝山羊 (No. 2) で、いずれも第一胃永久瘻管 (permanent rumen fistula) を設着した。実験 X では No. 1 を用い、1 日 1 回午後 4 時に糖蜜-尿素入り飼料 500 g と乾草 500 g を給与し、午前 10 時に葡萄糖 60 g と尿素 12 g を 100 cc の水に溶かして第一胃内に注入し、注入直前、注入後 1 時間半、4 時間半及び 6 時間の 4 回に亘って第一胃ガスを採取し、その組成の変化を追究した。実験 XI, XII 及び XIII ではいずれも No. 2 を用い、1 日 1 回午後 1 時に麩 750 g と乾草 500 g を給与し、午前 10 時に葡萄糖、澱粉及び繊維素各 100 g を夫々単独で第一胃内に注入し、注入直前、注入後 1 時間半及び 3 時間の 3 回に亘って第一胃ガス及び第一胃内液を採取し、ガス組成の変化と第一胃内液の pH, V. F. A., アンモニア態窒素及び糖濃度の変化を比較検討した。第一胃ガス及び第一胃内液の採取及び分析方法は、全て前報^(2,6)と同じである。尚、試験飼料の注入方法は実験 XI では、注射用葡萄糖 100 g を水 150 cc に溶解し、実験 XII では精製馬鈴薯澱粉 100 g を水 150 cc に懸濁し、いずれの場合も瘻管から第一胃内下部 (Ventral) の奥深く

第 1 表 飼 養 条 件

実験 番号	時刻	飼 料 の 給 与	実 施 期 間	山羊 番号	挿入したカテーテル を通して第一胃内に 注入した。実験 XIII の場合は、化学実験 用濾紙 (東洋濾紙 No. 2) 100 g を、適 当量の水と共にミキ サーにかけて繊維を
X	10:00	葡萄糖 60 g + 尿素 12 g 注入	1957年	No. 1	
	16:00	糖蜜-尿素入り飼料 500 g + 乾草 500 g	2月21日～2月24日		
XI	10:00	葡萄糖 100 g 注入	1957年	No. 2	
	13:00	麩 750 g + 乾草 500 g	11月7日～11月9日		
XII	10:00	澱粉 100 g 注入	1957年	No.	
	13:00	麩 750 g + 乾草 500 g	11月15日～11月19日		
XIII	10:00	繊維素 100 g 注入	1957年	No. 2	
	13:00	麩 750 g + 乾草 500 g	11月26日～11月30日		

第 2 表 基礎飼料の成分別給与量 (1 日当り g 数)

実験番号	飼料 成分	X		XI, XII, XIII	
		給与量	体重 1 kg 当 りの給与量	給与量	体重 1 kg 当 りの給与量
	粗蛋白質	104.8	3.17	158.7	3.17
	可溶無窒素物	388.2	11.76	582.7	11.65
	粗脂肪	23.2	0.70	40.3	0.80
	粗纖維	218.7	6.62	214.4	4.29
	粗灰分	58.8	1.78	60.7	1.21

解除した後、ブフナー漏斗を用いて水を吸引除去し、含水量がほぼ 150 g 程度になるように調製した。これを直径 2 cm 程度の多数の小球にまらめ、瘻管を通して 1 個ずつ手早く第一胃内に突き入れた。各実験とも基礎飼料のみによる予備飼育を 1 週間行った後、3 日乃至 5 日に亘って実験を繰返し、その平均値と標準偏差とを求めた。尚、

* The Influence of Feed and Feeding upon the Ruminal Gas Formation. Part V. Influence of Carbohydrates.

By Tatsurō MATSUMOTO (Laboratory of Animal Nutrition and Feeding, Faculty of Agriculture, Tohoku University)

第 3 表 第一胃ガス組成の変化 (平均値と標準偏差)

実験 番号	経過時間 (時)	CO ₂ %	CH ₄ %	H ₂ %	O ₂ %	N ₂ %	CO ₂ /CH ₄	O ₂ +N ₂ , %
X	直 前	24.6±10.7	50.7±16.6	0.1±0.1	6.2±1.2	18.5± 5.0	0.56±0.33	24.7± 5.9
	1.5	54.8± 3.1	31.6± 3.2	0.6±0.9	5.1±0.7	7.5± 0.8	1.75±0.27	12.6± 1.4
	4.5	31.7±18.2	50.5±12.8	0.0±0.0	4.8±0.4	13.0± 6.1	0.72±0.54	17.8± 5.7
	6.0	30.7± 6.6	47.2± 0.2	1.6±1.7	6.1±0.6	14.0± 7.1	0.65±0.14	20.1± 7.8
XI	直 前	32.1± 3.7	34.7± 5.2	1.3±0.3	4.5±0.2	25.7± 4.0	0.95±0.24	30.2± 4.2
	1.5	29.5±24.3	44.7±16.7	1.2±0.4	1.7±1.1	22.9±11.0	0.93±1.12	24.6±10.1
	3.0	38.0± 6.8	32.7± 3.9	1.3±0.8	3.8±1.2	24.4± 2.6	1.19±0.37	28.2± 3.8
XII	直 前	28.9±11.1	45.4±12.2	2.0±0.8	2.7±2.1	21.0± 9.3	0.68±0.32	23.7±11.4
	1.5	27.9± 3.8	43.2±12.0	1.5±1.3	3.5±3.0	23.8±11.6	0.68±0.18	27.3±14.6
	3.0	26.3± 8.1	42.0±13.5	3.0±1.3	3.7±2.6	24.0± 4.9	0.70±0.34	27.7± 7.5
XIII	直 前	27.1± 2.7	36.3± 3.4	2.3±0.5	4.6±0.8	29.7± 4.7	0.75±0.03	34.2± 5.5
	1.5	24.5± 2.3	38.2± 6.9	2.3±2.3	4.9±1.3	30.2± 6.9	0.65±0.07	35.1± 8.1
	3.0	22.5± 3.9	39.8± 0.6	2.3±0.3	5.5±1.6	29.9± 2.9	0.56±0.09	35.4± 4.7

山羊の体重は全試験期間を通して殆ど変化がなかった。飼養条件及び基礎飼料の成分別給与量を夫々とりまとめて第 1 表及び第 2 表に示した。

実 験 結 果

A. 第一胃ガス組成の変化 第一胃ガス組成の分析結果を第 3 表に示した。実験 X では注入直前の CO₂ の平均値は 24.6% であったが、注入後 1 時間半では 54.8% に増加し、CH₄ の方は注入直前 50.7% であったものが、1 時間半後には 31.6% に減少した。従って CO₂/CH₄ は注入前の平均値 0.56 が、注入後 1 時間半では 1.75 となり、その変化が極めて著しかった。O₂+N₂ は残存している空気の量を示すものと考えられるが、注入前 24.7% を占めていたものが 1 時間半後は 12.6% に減少している処から、葡萄糖と尿素の注入が第一胃ガスの発生を一段と活発にしているものと推察され、又第一胃は外観的にも注入後著しく膨満した。然し注入後 4 時間半では CO₂ の平均値は 31.7% に減少し、CH₄ は逆に 50.5% に増加し、CO₂/CH₄ は 0.72 に減少した。即ち葡萄糖と尿素の注入によって急激に増加した CO₂ の生成が 4 時間半後にはやや衰え、CH₄ の生成がこれに代って活発になってきたものと推察される。然し O₂+N₂ は 17.8% に増加している処から、第一胃ガスの生成は注入後 1 時間半に比べると幾分衰えてきたものと考えられる。更に 6 時間後の第一胃ガス組成の平均値は、注入直前の組成にかなり近い値を示し、第一胃ガスの発生状況が注入前の状態近く迄戻ってきたものと推察された。

H₂ の含量は葡萄糖と尿素の注入前後を通して大概ね 1% 内外で変化なく、H₂ が全く存在しない場合も屢々測定された。

葡萄糖 100 g を注入した実験 XI の場合は、注入後 1 時間半の測定値が日によって大きく変動した。即ち CO₂ の割合が著しく増大しているときと、CH₄ の割合が著しく増大している場合とがあり、又空気の残存率も日によって著しく異っていた為、注入前との比較が困難であった。但し H₂ は常に 1% 内外で注入前と殆ど同じであった。注入後 3 時間の第一胃ガス組成の平均値は、CO₂ が注入前の 32.1% から 38.0% に増加し、CH₄ の方は注入前の 34.7% から 32.7% と僅かに減少した。CO₂/CH₄ は注入前の 0.95 が 3 時間後には 1.19 となり、僅かに増加の傾向が認められた。

澱粉 100 g を注入した実験 XII では、CO₂ の平均値は注入直前 28.9%、1 時間半後 27.9%、3 時間後は 26.3% であり、CH₄ の平均値は注入直前 45.4%、1 時間半後 43.2%、3 時間後 42.0% となっているが、CO₂/CH₄ は注入直前 0.68、1 時間半後も同じく 0.68 であり、3 時間後は 0.70 で澱粉の注入によって変化を生じたとは認められなかった。又、H₂、O₂、N₂ の含量も夫々注入前と殆ど変りなかった。

繊維素 100 g を注入した実験 XIII の場合には、CO₂ の平均値は注入直前 27.1%、1 時間半後には 24.5%、3 時間後には 22.5% となり僅かながら減少の傾向を示し、CH₄ の方は注入直前 36.3%、1 時間半後 38.2%、3 時間後には 39.8% と僅かながら増加の傾向が認められた。CO₂/CH₄ の平均値は、注入直前の 0.75 が 1 時間半後には 0.65 となり、3 時間後には 0.56 となった。即ち CO₂/CH₄ の値の経時的変化の程度は、僅かではあるが減少傾向は極めて明らかであった。然し H₂、O₂ 及び N₂ の各成分については繊維素注入後殆ど変化がなかった。

要するに葡萄糖と尿素とを同時に注入することによって、第一胃ガスの発生、特に CO₂ の生成が活発になったが、葡萄糖、澱粉及び繊維素を夫々単独で注入した場合は、第一胃ガス組成への影響はいずれの場合も極めて僅かであった。然し葡萄糖、澱粉、繊維素の 3 者を比較すると、CO₂/CH₄ の値は葡萄糖注入の場合が最も高く、

第 4 表 第一胃内液の性状変化 (平均値と標準偏差)

実験 番号	経過時間 (時)	pH	V. F. A. mM/dl	全 糖 分 mg/dl	直接還元糖 mg/dl	非還元糖 mg/dl	アンモニア態-N mg/dl
X	直 前	7.2±0.0	6.4±0.3	81.8± 0.4	58.0±0.7	23.8± 1.7	18.6± 0.8
	1.5	7.2±0.0	10.1±0.6	85.0± 0.1	62.0±0.0	23.0± 1.0	71.4±20.0
XI	直 前	6.9±0.1	4.7±0.5	114.0± 5.0	81.8±3.9	32.2± 4.0	24.3± 3.8
	1.5	6.2±0.0	6.3±0.9	102.7± 8.5	83.6±3.0	19.0± 5.7	20.8± 3.4
	3.0	6.3±0.1	5.3±1.2	100.0± 5.6	74.0±2.0	26.0± 7.4	16.5± 0.5
XII	直 前	6.6±0.2	3.1±0.4	98.3± 7.4	65.8±9.4	32.5± 5.7	20.4± 1.5
	1.5	6.3±0.1	3.7±0.9	100.3± 8.1	74.3±6.5	26.0± 7.7	19.3± 1.4
	3.0	6.6±0.3	3.2±0.5	100.8±11.7	75.2±4.9	25.8± 6.8	15.3± 0.6
XIII	直 前	6.7±0.1	3.6±0.4	98.8±13.4	65.0±7.7	33.8±11.5	20.6± 1.2
	1.5	6.7±0.2	3.4±0.2	90.0±13.1	59.6±5.3	30.3± 8.2	21.9± 0.6
	3.0	6.7±0.1	2.8±0.4	94.8± 7.0	69.0±3.0	25.8± 4.0	19.6± 1.7

次に澱粉で、繊維素の場合は最も低い値を示した。

B. 第一胃内液の性状の変化 試験飼料の注入による第一胃内液の性状の変化を第 4 表に示した。

(1) 第一胃内液の pH : 実験 X では終始 pH は 7.2 で変化しなかった。実験 XI では注入前の平均値は pH 6.9, 1 時間半後には pH 6.2 に下がり、引きつづき 3 時間後も pH 6.3 で、葡萄糖の注入によって pH が著しく低下することを示した。実験 XII では注入直前は pH 6.6, 1 時間半後は pH 6.3 に下がったが、3 時間後には再び注入前と同じ pH 6.6 に戻った。実験 XIII の場合は終始 pH 6.7 で変化がなかった。即ち第一胃内液の pH の変化は注入する炭水化物の種類によって異っていた。

(2) 第一胃内液の V. F. A. : 第一胃内液の V. F. A. 濃度は実験 X の場合は注入直前の値が 6.4 mM/dl, 1 時間半後の値は 10.1 mM/dl で極めて高い。実験 XI の場合は注入直前 4.7 mM/dl, 1 時間半後は 6.3 mM/dl に増加し、3 時間後は 5.3 mM/dl で注入前の値より幾分高い程度に迄戻った。実験 XII の場合は注入前の 3.1 mM/dl が、1 時間半後には 3.7 mM/dl と僅かに増加し、3 時間後は 3.2 mM/dl で注入前と殆ど同じであった。実験 XIII では注入直前の値は 3.6 mM/dl で、実験 XII に比べて僅かに高かったが、繊維素注入後は時間の経過と共に漸減の傾向を示し、3 時間後の値は 2.8 mM/dl で、各実験を通して最も低い値を示した。

(3) 第一胃内液の糖濃度 : 実験 X では注入直前の直接還元糖は 58.0 mg/dl で、1 時間半後は 62.0 mg/dl と僅かに増加した程度であった。即ち注入した葡萄糖の大部分は直ちに吸収されるか、又は分解されて第一胃内より速かに消失することを示した。非還元糖は注入前 23.8 mg/dl, 1 時間半後の値も 23.0 mg/dl で殆ど変化なかった。結局全糖分としては注入前の値が 81.8 mg/dl, 1 時間半後の値が 85.0 mg/dl で、いずれの値も普通飼養の場合の測定値⁽⁶⁾に比べて著しく低かった。

実験 XI の場合は注入前の直接還元糖は 81.8 mg/dl, 1 時間半後の値は 83.6 mg/dl で殆ど変化なく、この場合も注入した葡萄糖は殆ど全部消失していた。尚 3 時間後の値は 74.0 mg/dl で注入前よりも却って低い値を示した。非還元糖濃度は注入前 32.2 mg/dl であったものが、1 時間半後には 19.0 mg/dl に減少し、3 時間後は再び 26.0 mg/dl に迄回復した。結局全糖分としては注入前 114.0 mg/dl で最も高く、注入後は却って減少し、1 時間半後は 102.7 mg/dl, 3 時間後は 100.0 mg/dl となった。

実験 XII では注入前の直接還元糖は 65.8 mg/dl, 注入後は増加して、1 時間半後には 74.3 mg/dl, 3 時間後は 75.2 mg/dl となった。非還元糖の方は注入前の値は 32.5 mg/dl, 注入後は減少して 1 時間半後は 26.0 mg/dl, 3 時間後は 25.8 mg/dl となった。即ち注入後 1 時間半と 3 時間との比較では、直接還元糖も非還元糖も共に殆ど同じ値を示し、又、全糖分としては実験 XII では注入の前後を通して殆ど変化がなかった。

実験 XIII では直接還元糖は注入前 65.0 mg/dl で、実験 XII の場合と殆ど同じであったが、1 時間半後の値は 59.6 mg/dl で実験 XII に比べてかなり低かった。然し 3 時間後の値は 69.0 mg/dl で注入前よりも増加していた。非還元糖濃度は注入前 33.8 mg/dl, 注入後 3 時間の値は 25.8 mg/dl で、いずれも実験 XI, XII の場合とほぼ等しい値であったが、注入後 1 時間半の値は 30.3 mg/dl で、実験 XIII の場合のみやや高い値を示した。

(4) 第一胃内液のアンモニア態窒素 : 第一胃内液のアンモニア態窒素濃度は、実験 X では注入前 18.6 mg/dl, 1 時間半後には 71.4 mg/dl と急激な増加を示した。これは注入した尿素が第一胃内で速かに分解し、多量のアンモニアを生成した結果と推察された。実験 XI では注入前のアンモニア態窒素濃度は 24.3 mg/dl でやや高く、実験 XII 及び XIII では夫々 20.4 mg/dl 及び 20.6 mg/dl で殆ど同じであった。1 時間半後の測定値は実験 XI,

XII, XIII いずれの場合も 20 mg/dl 内外でほぼ同じであったが, 3 時間後の測定値は実験 XI 及び XII では夫々 16.5 mg/dl 及び 15.3 mg/dl と幾分減少を示し, 実験 XIII の場合は 19.6 mg/dl で繊維素注入の前後を通してアンモニア態窒素濃度は殆ど変化しなかった。

要 約

葡萄糖と尿素とを同時に注入した場合には第一胃ガスの発生, 特に CO_2 の生成が一段と活発になり, 第一胃内液の V.F.A. 濃度もまた著しく増加した。このことは葡萄糖と尿素との注入によって第一胃内の酸酵が一段と活発になったことを示すものと解される。然しこの場合第一胃内液の pH が変化しなかったことは, 注入した尿素が分解してアンモニアを生成し, V.F.A. の生成による pH の低下を阻止した結果と考えられる。

葡萄糖のみを注入した場合は, 第一胃内液の pH は著しく低下したが, 第一胃ガス組成の変化はあまり著しくなかった。尚 V.F.A. 濃度はかなり増加したが, 葡萄糖と尿素とを同時に注入した場合に比べると, 増加の程度はかなり劣っていた。第一胃内液の糖濃度の増加は極めて僅かであった処から考えて, 注入した葡萄糖の大部分は第一胃内で速かに消失するものと推察された。

葡萄糖, 澱粉, 繊維素の三者は, いずれも単独で注入した場合は, 第一胃ガス組成への影響は極めて僅であったが, この三者間には多少の差異が認められた。即ち CO_2/CH_4 の値は葡萄糖の場合はやや増加し, 澱粉の場合は殆ど変化なく, 繊維素の場合は幾分減少する傾向が認められた。

第一胃内液の pH の変化は, 葡萄糖注入の場合は著しく低下し, 3 時間後もひきつづき低い値を示したのに対し, 澱粉の場合は 1 時間半後の値のみ低く, 3 時間後には注入前の値に再び戻ってしまった。繊維素の場合は終始変化しなかった。

V.F.A. 濃度は, 葡萄糖の場合が澱粉, 繊維素等に比べて常に高く, その濃度変化は pH の変化の模様とある程度対応していた。即ち葡萄糖の場合, 注入後 1 時間半の V.F.A. 濃度は注入前に比べてかなり高く, 3 時間後もひきつづき幾分高い値を示したのに対し, 澱粉の場合は 1 時間半後の値は幾分高くなったが, 3 時間後には再び注入前に戻った。尚, 繊維素の場合は pH は変化しなかったのであるが, V.F.A. 濃度は注入後却って漸次減少していった。

直接還元糖濃度を注入後 3 時間の測定値について比較すると, 葡萄糖の場合と澱粉の場合とは殆ど等しく, 繊維素の場合のみやや低かった。非還元糖濃度は葡萄糖, 澱粉, 繊維素いずれの場合も殆ど同じであった。

第一胃内液のアンモニア態窒素濃度は, 注入後 1 時間半の値は三者とも殆ど同じであったが, 3 時間後の値は葡萄糖と澱粉の場合はやや減少し, 然もその減少の程度は兩者殆ど同じであった。繊維素の場合のみは終始殆ど変化しなかった。

終始懇篤なる御指導と御援助を戴いた東京大学農学部神立 誠教授, 並びに東北大学農学部波多野 正教授に謹しんで感謝の意を表する。

(1) 神立 誠, 松本達郎, 風間 雍, 菊野恵一郎,
一之瀬幸男 : 本誌, 29, 759 (1955).	本誌, 31, 167 (1958).
(2) 松本達郎 : 本誌, 31, 300 (1957).	(5) 松本達郎, 高橋正行, 小宮山鉄郎, 山本正幸 :
本誌, 31, 171 (1958).
(3) 広瀬可恒, 鈴木省三, 朝日田康司 : 日畜会
報, 28, 177 (1957).	(6) 松本達郎, 高橋正行, 今野勇一 : 本誌, 31,
392 (1957).
(4) 松本達郎, 高橋正行, 小宮山鉄郎, 山本正幸 :	