

原 著

## 水産加工残渣物のバチルス菌処理が反芻胃内における タンパク質の分解率ならびに栄養価に及ぼす影響

李 慧全・花田 正明・艾比布拉 伊馬木・上杉 幸子・渡辺 正和・岡本 明治  
帯広畜産大学, 帯広市 080-8555

### Effect of Bacilli Treatment for Fish Waste on Its Protein Degradability and Nutritive Value as Ruminant Feedstuff

Huiquan LI, Masaaki HANADA, Aibibula YIMAMU, Sachiko UESUGI,  
Masakazu WATANABE and Meiji OKAMOTO

Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine,  
Obihiro, 080-8555, Japan

キーワード：水産加工残渣物, バチルス菌処理, 消化率, タンパク質分解率, 反芻家畜用飼料

Key words : Bacilli-treated fish waste, Digestibility, Protein degradability, Ruminant feedstuff

#### Abstract

Chemical composition, protein degradability in the rumen and apparent digestibility of bacilli-treated fish waste (BFW) were determined to evaluate the characteristics of BFW as ruminant feedstuff compared with soybean meal (SBM) and dried fish waste (DFW).

The crude protein (CP) and ether extract (EE) content in BFW were 28% and 30%, respectively. The protein disappearances of BFW and DFW after 24 h incubation in the rumen were 50.9% and 55.7%, respectively, while that of SBM was 95.6%. Given that the passage rate of ruminal digesta is 5%/h, the protein effective degradability of BFW, DFW and SBM in the rumen would be 43%, 51% and 77%, respectively.

Four Japanese black beef steers(296±27kg) were used in a 4×4 Latin square design experiment to examine the influence of different protein sources on feed intake and nutrient digestibility. Four diets were formulated to contain about 12% CP on a dry matter (DM) basis. Replacement partly of SBM in diets with BFW, which supplied 10% or 20% of CP in the diets, and DFW which supplied 10% of CP, did not affect significantly DM intake and CP digestibility in the total digestive tract ( $P>0.05$ ).

The present results suggest that BFW can be utilized as a source of by-pass protein in ruminant diets.

#### 要 約

ホッケのあらを米ぬかと混合しバチルス菌で微生物処理した水産加工残渣物(BFW)の一般的な飼料成分, 反芻胃内における粗タンパク質 (CP) 分解特性および全消化管における飼料成分の消化率について調べた。BFWのCPおよび粗脂肪含量はそれぞれ28%, 30%であり, ホッケのあらと米ぬかを混合・乾燥しただけのもの(DFW)と比べて飼料成分の差は認められな

かった。反芻胃内におけるポリエステルバッグからのCP消失率は大豆粕(SBM)に比べてBFW, DFWで低く, 反芻胃内の通過速度定数を5%/hとした場合, BFW, DFW及びSBMの有効分解度はそれぞれ43%, 51%, 77%と推定された。各給与飼料のCPの水準を12%に設定し, 飼料中全CPの10%ないし20%をBFW由来にした飼料, 飼料中全CPの10%をDFW由来にした飼料, SBMを主なタンパク質源として水産加工残渣物を含まない飼料の4種類の飼料を黒毛和牛に給与し, 4×4ラテン方格法で消化試験を行った。試験期間中の残食はほとんどみられず, 乾物

摂取量は処理区間に差はみられなかった。乾物、CP 消化率及び可消化エネルギー摂取量も処理区間で明確な差は認められなかった。これらことから、BFW のタンパク質の反芻胃内分解度は低く、下部消化管における消化性も良好であると推察され、反芻家畜へのバイパスタンパク質の供給源として有用であると考えられた。

## 緒 言

北海道では年間 45 万トン前後(北海道庁水産林務部企画調整課, 2003) の水産廃棄物が生じており、それらの多くは焼却処分されているため環境への悪影響が問題化しつつある。水産加工残渣物には魚粉と同様にタンパク質を多く含むが、タンパク質の分解によるアンモニアやアミンなどの悪臭物質が生じやすい。このため水産加工残渣物質を飼料化するためには何らかの加工処理を施し、タンパク質の分解を抑制する必要がある。これまで水産物やその加工残渣物の加工処理方法としてサイレージ化 (EVERS and CARROLL, 1996; NWOKOLA and SIM, 1990; TIBBETTS *et al.*, 1981) が行われてきたが、水産加工残渣物のサイレージ化の欠点としてタンパク質の分解や脂質の酸化・分解による養分損失が指摘されている (HALL *et al.*, 1985; HALL and LEDWARD, 1986; MACHIN *et al.*, 1990)。

近年、アンモニアやアミンなどの非タンパク態窒素からアミノ酸を合成するバチルス菌群の分離・増殖が可能となり、水産加工残渣物をバチルス菌群で発酵処理させ、飼料や肥料として再利用するための技術開発が行われつつある。水産加工残渣物の飼料化におけるバチルス菌群の利用は単に腐敗防止だけではなく、非タンパク態窒素のアミノ酸化によるタンパク質源としての飼料価値の向上が期待される。

そこで本研究では、北海道における代表的な魚類の一種であるホッケのあらをバチルス菌群で発酵処理した生成物 (BFW) の反芻家畜用飼料としての特徴を検討することを目的として、BFW の一般的な飼料成分含量とそれらの消化性ならびに反芻胃内における粗タンパク質 (CP) の分解特性について調べた。

## 材料および方法

### 実験 1 バチルス菌処理した水産加工残渣物の化学成分及び反芻胃内におけるタンパク質分解率

#### 実験動物と飼養条件

反芻胃にカニューレを装着したホルスタイン種去勢牛 3 頭 (試験開始時の平均体重 470 kg) を供試した。供試牛は個別にパドックで飼養し、イタリアンライグラス乾草 (一番草・出穂期, CP 7.4%) を用いて、可消化養分総量 (TDN) の維持要求量 (日本飼養標準肉用牛 2000) の 1.2 倍に相当する乾物量を 1 日 2 回 (8:00, 18:00) に分けて給与した。飲水とミネラルブロック (鉍塩セレニクス, 日本全薬工業) は自由に摂取させた。

#### 試料

BFW はホッケのあらと米ぬかを乾物重量比 3:4 で混合し、バチルス菌添加剤 ( $1 \times 10^8$  個胞子/g, *Bacillus subtilis*; *Bacillus vallismortis*; *Bacillus* sp.; *Bacillus licheniformis*; *Bacillus pumilus*; *Paenibacillus* sp.) をホッケのあら重量の 5% 量 (原物) 加えて 60°C で 6 時間発酵させ、さらに 100°C で 4 時間乾燥したものである。BFW, ホッケのあらと米ぬかを BFW と同じ割合で混合しバチルス菌処理をせずに乾燥処理 (60°C で 6 時間, 100°C で 4 時間) した生成物 (DFW) および大豆粕 (SBM) の 3 種類の試料の反芻胃内におけるタンパク質の分解率を *in situ* (MEHREZ and ØRSKOV, 1977) で測定した。各試料の化学組成は表 1 に示した。

#### 分解率測定方法

飼料タンパク質の反芻胃内分解率測定は *in situ* 法 (MEHREZ and ØRSKOV, 1977) に基づいて実施し、ポアサイズ約 40  $\mu$ m のポリエステル製の袋 (10 cm  $\times$  20 cm) (三紳工業株式会社製) を用いた。各バッグ内に 1 mm のふるいを通すように粉碎した試料を乾物で 4 g 入れ、バッグの口を加熱 (Handy Sealer MODEL 200, 井内盛栄堂株式会社製) して密封した。

試験期間は 21 日間とし、毎日の朝の給餌 2 時間後にカニューレを通して反芻胃内に試料の入ったポリエス

Table 1. Chemical composition and energy content of three protein sources in Experiment 1.

	Protein sources <sup>1)</sup>		
	SBM	BFW	DFW
Dry matter (% in fresh matter)	88.8	94.8	96.7
Organic matter (% in dry matter)	94.4	88.1	89.7
Crude protein (% in dry matter)	50.3	27.6	28.7
Neutral detergent insoluble nitrogen (% in dry matter)	0.18	2.83	2.39
Acid detergent insoluble nitrogen (% in dry matter)	0.11	0.26	0.08
Ether extract (% in dry matter)	2.3	30.1	32.7
Neutral detergent fiber (% in dry matter)	12.2	33.7	32.3
Gross energy (MJ/kg dry matter)	20.3	24.8	25.7

<sup>1)</sup> SBM: Soybean meal, BFW: Fish waste and rice bran mixture treated with bacilli, DFW: Dried fish waste and rice bran mixture.

テルバッグ3袋とブランク用のポリエステルバッグ1袋を挿入した。以下に示す浸漬時間後、挿入した4つのバッグを同時に反芻胃から取り出した。試料の浸漬時間は、2, 4, 8, 16, 24, 48及び72時間とし、各浸漬時間とも2回繰り返した。ポリエステルバッグからのCP消失率は浸漬前後におけるバック内のCP量から求めた(石田, 2001)。

牛ごとに各浸漬時間(t)におけるCP消失率(P)の平均値をΦRSKOV and McDONALD (1979)の提唱するロジスティック曲線式 $P=A+B(1-e^{-ct})$ にあてはめ、浸漬後速やかに消失するタンパク質区分(可溶性区分)の割合(A)、時間とともに分解されて消失するタンパク質区分(分解性区分)の割合(B)及びBの分解速度定数(C)をそれぞれ求めた(McDONALD, 1981)。ARC(1984)では反芻胃内における飼料片の通過速度を、飼料摂取量が維持量程度では2%/h、維持量2倍程度まででは5%/h、それ以上の場合には8%/hとしている。そこで本試験では、反芻胃内における飼料片の通過速度定数(K)を5%/hとして、A、B、C及びKの値を $ED=A+B \times C/(C+K)$ の式(ΦRSKOV and McDONALD, 1979)に代入して反芻胃内有効分解率(ED)を求めた。

試料の有機物、窒素、粗脂肪などの一般化学成分は常法(堀井ら1971)、中性デタージェント繊維(NDF)はGOERING and VAN SOEST (1970)の方法に従ってそれぞれ分析した。中性デタージェント不溶性窒素(NDIN)及び酸性デタージェント不溶性窒素(ADIN)はLICITRAら(1996)の方法に従ってそれぞれ分析した。

### 統計処理

各時間帯におけるタンパク質消失率の試料間の平均値は多重比較検定を行った。また、タンパク質の消失率を非線形回帰モデルにあてはめて、得られた各試料の定数(A, B, C)についても多重比較検定を行った。

### 実験2 パチルス菌処理した水産加工残渣物の給与が肥育牛による飼料摂取量ならびに消化率に及ぼす影響

#### 供試家畜

黒毛和種去勢牛4頭(試験開始時の月齢10ヶ月、平均体重296kg)を供試した。

#### 給与飼料と飼養管理

給与飼料は濃厚飼料と粗飼料を乾物で65:35の割合で配合し、各飼料中のCP含量を12%に設定した。各飼料の配合割合の値を表2に示した。飼料中全CPの10%ないし20%をBFW由来にした飼料(BFW10, BFW20)、飼料中全CPの10%をDFW由来にした飼料(DFW10)、大豆粕を主なタンパク質源として水産加工残渣物を含まない飼料(対照区)の4種類の飼料を試験に供した。試験飼料の他に、ビタミン(コルボーン・ドウズADE, ロシユ・ビタミン・ジャパン株)、ミネラル添加剤(マツシュリンカル15, メルシャン株)を1日1頭当たり、それぞれ10g, 50gずつ投与した。

飼料給与量は日本飼養標準肉用牛(2000)に示されている肉用種去勢牛の日増体量1.0kgに必要なTDN量とし、飼料は1日2回に分け、8:00と18:00に給与した。排糞量を推定するため、1日当たり乾物

Table 2. Ingredients and chemical composition of experimental diets fed to beef steers in Experiment 2.

Ingredients (% in dry matter)	Treatment <sup>1)</sup>			
	Control	BFW10	BFW20	DFW10
Italian ryegrass hay	36.5	36.0	35.1	35.9
Flaked corn	55.0	54.2	53.5	54.1
SBM <sup>1))</sup>	8.5	6.2	4.2	6.2
BFW <sup>1))</sup>	—	3.6	7.2	—
DFW <sup>1))</sup>	—	—	—	3.8
Chemical composition				
Dry matter (% in fresh matter)	85.4	85.5	85.7	85.8
Organic matter (% in dry matter)	96.7	96.4	96.1	96.5
Crude protein (% in dry matter)	11.8	11.6	11.5	11.6
Neutral detergent insoluble nitrogen (% in dry matter)	0.32	0.44	0.55	0.41
Acid detergent insoluble nitrogen (% in dry matter)	0.12	0.13	0.13	0.12
Ether extract (% in dry matter)	3.2	4.1	5.1	4.4
Neutral detergent fiber (% in dry matter)	30.3	30.8	31.0	30.6
Gross energy (MJ/kg dry matter)	19.1	19.3	19.5	19.3

<sup>1)</sup> Control: Diet containing soybean meal without fish waste product, BFW10, BFW20: Diets replacing partly soybean meal with fish waste and rice bran mixture treated with bacilli which supplied 10% or 20% of crude protein in the diets, DFW10: Diet replacing partly soybean meal with dried fish waste and rice bran mixture which supplied 10% of crude protein in the diet.

<sup>1))</sup> See Table 1.

給与量の約0.1%量の酸化第2クロム7g (3.5g×2回/日)を経口投与した。供試牛は屋外のパドックで個別に管理し、水とミネラルブロック(鉱塩セレニクス、日本全業工業)は自由に摂取させた。

**試験期間と試料採取**

試験期間は80日間(20日×4期)とし、4×4のラテン方格法に基づいて実施した。各期ともに予備期を14日間、試料採取期間を6日間とした。試料採取期間中、飼料給与量と残食量を毎日秤量し、その一部を採取して、乾燥、粉碎して分析に用いた。糞は本期1日目から5日目までの5日間、1日4回(1:00, 7:00, 13:00, 19:00)直腸より採取した。本期6日目の7:00, 10:00, 13:00の3回血液を頸静脈より採取した。採取した血液は38℃の恒温器に30分間保温後、4℃、3500rpmで15分間遠心分離して、上清を採取後、分析まで冷凍保存した。

**測定項目**

供試家畜の体重は予備期1日目、10日目、11日目、14日目及び本期1日目、6日目、本期終了翌日の夕方の飼料給与前(16:30)に測定した。飼料、残食および糞の水分、有機物、窒素、粗脂肪は常法(堀井ら1971)、中性デタージェント繊維(NDF)はGOERING and VAN SOEST (1970)の方法に従ってそれぞれ分析した。飼料および残食のNDIN及びADINはLICITRAら(1996)の方法に従ってそれぞれ分析した。熱量は島津燃研式自動熱量計CA-4P型で測定した。糞の酸化クロム濃度はリン酸カリ試薬法(小坂, 1971)で分析した。血清中の尿素態窒素濃度(BUN)は十勝臨床検査センターに分析を依頼した。

**統計処理**

得られた結果は4×4のラテン方格法により、個体、試験期間及び給与飼料の影響について分散分析法で解析した。

**結果および考察**

**実験1**

各試料の化学成分を表1に示した。SBMと比べて、BFWとDFWのCP含量は約28%と低い値を示したが、NDIN含量はBFW、DFWともにSBMより高い値を示した。ADIN含量はBFWで最も高かった。SBMと比べて、BFWとDFWの粗脂肪含量は約31%と高い値を示し、総エネルギー含量もBFW、DFWともにSBMよりも高い値を示した。一般に魚粉などの動物源飼料にはセルロースは含まれていないにもかかわらず、NDF含量はBFW、DFWともに約33%と高い値を示した。これはBFWとDFWには米ぬかが含まれていたことと、デタージェント法を動物源飼料に適用するとNDF含量を過大評価してしまうためである(VAN SOEST *et al.*, 1991)。

各タンパク質飼料の反芻胃内におけるCP消失率の

経時変化を図1に示した。BFWのCP消失率は、浸漬初期の2時間目から24時間目にかけてSBMに比較して低く推移し(P<0.05)、24時間目のCP消失率はBFW、SBMでそれぞれ50.9%、95.6%であった。また、DFWと比べて、BFWのCP消失率はいずれの浸漬時間でも低い値で推移し(浸漬時間2, 4, 24, 48, 72h:DFW>BFW, P<0.05)、水産加工残渣物をバチルス菌で処理することにより反芻胃内におけるタンパク質の分解が抑制されることが示唆された。

各タンパク質飼料の反芻胃内におけるタンパク質分解パラメータA, B, Cの値及び有効分解率を表3に示した。可溶性区分を示すAの値はSBMと比べてBFWの方が低くなる傾向があったが、有意な差ではなかった(P>0.05)。DFWと比べて、BFWの方がA

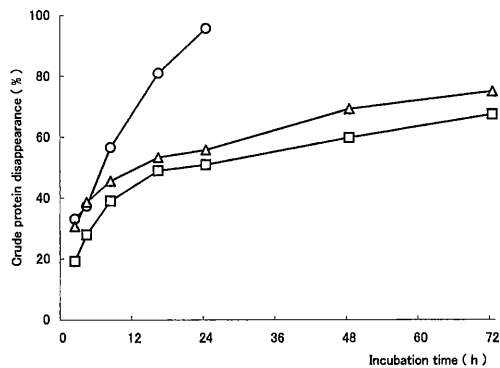


Figure 1 Changes of crude protein disappearance of protein sources from polyester bag suspended in the rumen in Experiment 1.

○:Soybean meal (SBM),  
 □:Fish waste and rice bran mixture treated with bacilli (BFW),  
 △:Dried fish waste and rice bran mixture (DFW).

Table 3. Parameters and effective degradability of crude protein in Experiment 1.

	Protein sources <sup>1)</sup>			
	SBM	BFW	DFW	SEM <sup>1)</sup>
A <sup>11)</sup> (%)	19.7 <sup>ab</sup>	15.2 <sup>b</sup>	29.9 <sup>a</sup>	5.0
B <sup>11)</sup> (%)	80.3 <sup>a</sup>	49.5 <sup>b</sup>	47.8 <sup>b</sup>	9.6
C <sup>11)</sup> (h <sup>-1</sup> )	0.12 <sup>a</sup>	0.07 <sup>b</sup>	0.04 <sup>b</sup>	0.02
ED <sup>111)</sup> (%)	76.5 <sup>a</sup>	43.4 <sup>c</sup>	50.7 <sup>b</sup>	8.7

<sup>1)</sup> See Table1.

<sup>11)</sup> SEM: Standard error of the mean.

<sup>111)</sup> A,B, and C: Nonlinear parameters of crude protein according to the equation P=A+B(1-e<sup>-Ct</sup>), where P=disappearance rate at time t.

<sup>1111)</sup> ED: Effective degradability of CP as calculated on the assumption of 5%/h solid passage rate.

<sup>a,b,c</sup> Mean value in the same row with different superscripts differ significantly(P<0.05).

の値は低く ( $P < 0.05$ ), バチルス菌処理により水産加工残渣物の可溶性窒素量は低下することが認められた。BFW は DFW とともに分解性区分を表す B 値が SBM に比べて小さかった ( $P < 0.05$ )。B 区分の分解速度を表す C 値は大豆粕が最も高い値を示し ( $P < 0.05$ ), BFW と DFW の間には差はみられなかった。反芻胃内における飼料片の通過速度定数を 5%/h とした場合に, BFW, DFW 及び SBM のタンパク質の反芻胃内における有効分解率はそれぞれ 43%, 51%, 77% と推定された。タンパク質の反芻胃内における有効分解率を *in situ* 方法で推定した Cozzi ら (1995) の報告では, ニシンを用いて製造した魚粉タンパク質の有効分解率は約 63% であった。MEHREZ ら (1980) の報告によるとさまざまな製造方法で加工した魚粉タンパク質の反芻胃内における有効分解率は 22% から 52% の範囲であった。今回用いた BFW と DFW の有効分解率は魚粉の有効分解率の範囲内であり, BFW や DFW の十二指腸へのタンパク質供給量は魚粉による供給能力と大差はないと考えられた。一方, 大豆粕タンパク質の反芻胃内における有効分解率は DEACON ら (1988) の報告した値 (68%) より高い値を示したが, Cozzi ら (1995) の報告値 (74%) とは同程度であった。

## 実験 2

各処理区の給与飼料の化学成分を表 2 に示した。有機物, CP, ADIN, NDF 含量は, どの処理区でもほぼ同様の値となった。CP 含量は 11.6%~11.8% であり, 設計値の 12% をやや下回った。BFW の添加により飼料中の粗脂肪含量は増加し, 対照区では 3.2% であったのに対し BFW20 区では 5.1% であった。

各処理区における養分摂取量を表 4 に示した。代謝体重当たりの乾物摂取量は処理区ともに約 87 g/日であり, いずれの処理区でも残食はほとんど認められなかった。一方, CP 摂取量は処理区間に明確な差はみられず ( $P > 0.05$ ), 日増体量 1.0 kg の CP 要求量 (日本飼養標準肉用牛 2000) に対する CP 摂取量はいずれも約 96% となった。粗脂肪摂取量は水産加工残渣物を給与しなかった対照区に比べて BFW 及び DFW を給与した区で多かった ( $P < 0.05$ )。反芻家畜用飼料への油脂の多量添加によって, 反芻胃内での細胞壁消化作用が減退するため飼料摂取量が減少する (CANT *et al.*, 1997; PALMQUIST and JENKINS, 1980) といわれているが, 本試験では, 乾物摂取量は処理間に差がみられなかったことから, 飼料中の粗脂肪含量が 5% 程度までなら, BFW を飼料中に配合しても乾物摂取量には影響を及ぼさないと考えられた。

乾物, NDF およびエネルギー消化率は処理間で明

Table 4. Dry matter, organic matter, crude protein, ether extract, neutral detergent fiber and gross energy intake in beef steers fed the diets in Experiment 2.

Item	Treatment <sup>1)</sup>				SEM <sup>1)</sup>	Significance of difference		
	Control	BFW10	BFW20	DFW10		Treatment	Period	Animal
Dry matter (g/MBS <sup>11)</sup> /day)	86.0	87.4	87.4	86.6	0.6	NS <sup>111)</sup>	$P < 0.01$	$P < 0.05$
Organic matter (g/MBS/day)	83.1	84.1	83.9	83.4	0.5	NS	$P < 0.01$	$P < 0.05$
Crude protein (g/MBS/day)	10.5	10.4	10.3	10.3	0.1	NS	$P < 0.01$	$P < 0.05$
Ether extract (g/MBS/day)	2.8 <sup>a</sup>	3.6 <sup>b</sup>	4.4 <sup>a</sup>	3.8 <sup>b</sup>	0.1	$P < 0.01$	$P < 0.01$	NS
Neutral detergent fiber (g/MBS/day)	26.0 <sup>b</sup>	26.9 <sup>a</sup>	26.8 <sup>ab</sup>	26.4 <sup>ab</sup>	0.2	$P < 0.05$	$P < 0.01$	NS
Gross energy (MJ/MBS/day)	1.65 <sup>b</sup>	1.69 <sup>a</sup>	1.71 <sup>a</sup>	1.68 <sup>ab</sup>	0.01	$P < 0.05$	$P < 0.01$	$P < 0.05$

<sup>1)</sup> See Table 2.

<sup>1)</sup> SEM: Standard error of the mean.

<sup>11)</sup> MBS: Metabolic body size.

<sup>111)</sup> NS: Not significant ( $P > 0.05$ ).

<sup>a,b,c</sup> Mean value in the same row with different superscripts differ significantly ( $P < 0.05$ ).

Table 5. Dry matter, organic matter, crude protein, ether extract, neutral detergent fiber and gross energy digestibility in beef steers fed the diets in Experiment 2.

Item	Treatment <sup>1)</sup>				SEM <sup>1)</sup>	Significance of difference		
	Control	BFW10	BFW20	DFW10		Treatment	Period	Animal
Digestibility (%)								
Dry matter	70.9	69.6	70.1	70.9	1.4	NS <sup>11)</sup>	NS	$P < 0.05$
Organic matter	72.2	71.9	72.4	73.2	1.5	NS	NS	NS
Crude protein	63.8	63.7	63.0	64.4	2.4	NS	NS	NS
Ether extract	79.7 <sup>b</sup>	82.3 <sup>ab</sup>	82.5 <sup>ab</sup>	83.6 <sup>a</sup>	0.9	$P < 0.05$	$P < 0.05$	NS
Neutral detergent fiber	47.3	46.8	46.7	49.3	2.1	NS	NS	$P < 0.05$
Gross energy	70.4	69.4	69.9	70.6	1.4	NS	NS	NS

<sup>1)</sup> See Table 2.

<sup>1)</sup> SEM: Standard error of the mean.

<sup>11)</sup> NS: Not significant ( $P > 0.05$ ).

<sup>a,b</sup> Mean value in the same row with different superscripts differ significantly ( $P < 0.05$ ).

確な差は認められず、それぞれ約70%、48%、70%であり(表5)、BFWの配合割合の増加に伴うこれら成分の消化率の変化は認められなかった( $P>0.05$ )。実験1において、SBMに比べてBFWならびにDFWの反芻胃内におけるタンパク質の分解率は低いことが示されたが、全消化管におけるCP消化率はすべての処理間に差は認められず( $P>0.05$ )、各処理区とも63%であった。このことから、水産加工残渣物のバチルス菌処理は反芻胃内でのタンパク質分解率を低下させるが、全消化管におけるタンパク質消化率には影響しないと推察された。

給与飼料の可消化エネルギー(DE)含量は各処理区間で差がみられず、約13.5 MJ/kg DMであった(表6)。DE摂取量も各処理区間に差は認められず、いずれも日増体量1.0 kgのDE要求量(日本飼養標準肉用牛2000)の約91%であった。給与飼料のTDN含量ならびにTDN摂取量も各処理区間に明確な差は認められず、それぞれ74%、64 g/MBS/dayであった。日本飼養標準肉用牛(2000)に示されたTDN要求量に対するTDN摂取量の割合はいずれの区も約92%であった。実験1において、BFWは粗脂肪やエネルギー含量が高い飼料であることを示したが、飼料中へのBFWの配合割合が3.6%~7.2%の範囲では飼料のDE価の改善やDE摂取量の増加に対する効果は期待できなかった。日増体量は対照区、BFW10区、BFW20区、DFW10区でそれぞれ0.9、0.5、1.0、0.7 kg/dayとそれぞれの値に大きな差がみられたが、試験期ごとの値の変動が大きかったため、有意差とはならなかった。

BUNの濃度は各処理区とも9.4 mg/dl前後であり、SBMに比べてBFW、DFWタンパク質の反芻胃内における有効分解率は低かったにもかかわらず(表3)、BUNは各処理区間で有意な差は認められなかった( $P>0.05$ ) (表6)。A IBIBULAら(2002)は放牧飼養された去勢牛の反芻胃内窒素消化を調べた結果、反芻胃内におけるみかけの窒素消失量が負の値を示した

ときのBUNの値は10.7 mg/dlであったと報告している。本実験では各飼料のCP含量は12%以下であり、CP摂取量もCP要求量を下回っていたことから、各処理区とも反芻胃への窒素供給が不足しており、そのため処理区間にBUNの差がみられなかったと考えられた。

実験1において、BFWのタンパク質の反芻胃内分解率はSBMより低く、またDFWよりも低い値であり、水産加工残渣物をバチルス菌で処理することにより反芻胃内での分解率を低下させることが示唆された。一方、実験2では全消化管内におけるCP消化率はSBMを給与した対照区とBFWを給与した区間に差がなく、バチルス菌処理は全消化管内におけるCP消化率には影響を及ぼさなかった。これらのことから、水産加工残渣物はSBMに比べて反芻胃内でのタンパク質分解率が低く、小腸へ消化可能なタンパク質を供給できるタンパク質飼料であり、バチルス菌で処理することより、水産加工残渣物の小腸への可消化タンパク質供給能力はさらに向上すると考えられた。

## 謝 辞

本研究の遂行するにあたり、供試牛を提供して頂いた宗谷岬肉牛牧場氏本長一場長に謝意を表します。また、本研究はNEDOによる地域コンソーシアム研究開発事業(海洋由来有機物からの生体機能物質再生利用技術)の一環として実施されたものである。なお、牛、めん羊、山羊、および鹿を対象とする飼料への魚粉、フィッシュソルブルなどの魚介類由来タンパク質の利用は、わが国では平成16年1月1日以降法令で禁止されている。

## 文 献

AIBIBULA, Y., M. HANADA and M. OKAMOTO (2002) Nitrogen digestion in the rumen and small intestine of steers grazing orchardgrass and meadow

Table 6. Digestible energy and total digestible nutrients contents of each diet, digestible energy and total digestible nutrients intake, average daily gain and blood urea nitrogen concentrations in beef steers fed the diets in Experiment 2.

Item	Treatment <sup>1)</sup>				SEM <sup>1)</sup>	Significance of difference		
	Control	BFW10	BFW20	DFW10		Treatment	Period	Animal
Digestible energy content (MJ/kg dry matter)	13.5	13.4	13.7	13.7	0.3	NS <sup>1)</sup>	NS	$P<0.05$
Total digestible nutrients content (%)	72.9	73.4	74.8	75.1	1.4	NS	NS	$P<0.05$
Digestible energy intake (MJ/MBS <sup>1)</sup> /day)	1.16	1.17	1.19	1.18	0.03	NS	NS	$P<0.05$
Total digestible nutrients intake (g/MBS/day)	62.8	64.2	65.4	65.0	1.43	NS	$P<0.05$	$P<0.05$
Average daily gain (kg)	0.9	0.5	1.0	0.7	0.2	NS	NS	NS
Blood urea nitrogen (mg/dl)	9.5	9.4	9.4	10.2	0.7	NS	$P<0.05$	NS

<sup>1)</sup> See Table 2.

<sup>1)</sup> SEM: Standard error of the mean.

<sup>1)</sup> NS: Not significant( $P>0.05$ ).

<sup>1)</sup> MBS: Metabolic body size.

- fescue pastures. *Grassland Science*, **48**: 332-339.
- Agricultural Research Council (1984) *The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock, Supplement No.1. Report of the Protein Group of the Agricultural Research Council Working Party.* 26-32. Commonwealth Agricultural Bureau. Farnham Royal, UK.
- CANT, J. P., A. H. FREDEEN, T. MACLINTYRE, J. GUNN, and N. CROWE (1997) Effect of fish oil and monensin on milk composition in dairy cows. *Can. J. Anim. Sci.*, **77**: 125-131.
- COZZI, G., I. ANDRIGHETTO, and P. BERZAGHI (1995) In Situ ruminal disappearance of essential amino acids in protein feedstuffs. *J. Dairy Sci.*, **78**: 161-171.
- DEACON, M. A., G. DEBOER, and J. J. KENNELLY (1988) Influence of Jet-Sploding and extrusion on ruminal and intestinal disappearance of canola and soybeans. *J. Dairy Sci.*, **71**: 745-753.
- EVERS, D. J. and D. J. CARROLL (1996) Preservation of crab or shrimp waste as silage for cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **59**: 233-244.
- GOERING, H. K. and P. J. VAN SOEST (1970) *Forage Fiber Analyses (Apparatus, Reagents, Procedures and Some Applications).* 8-12. Agriculture Handbook. Washington, D. C.
- HALL, G. M., D. KEEBLE, D. A. LEDWARD, and R. A. LAWRIE (1985) Silage from tropical fish 1. Proteolysis. *J. Food Technol.*, **20**: 561-572.
- HALL, G. M. and D. A. LEDWARD (1986) Silage from tropical fish 3. Lipid behaviour. *J. Food Technol.*, **21**: 45-54.
- 北海道庁水産林務部企画調整課 (2003) 平成 14 年度漁業系廃棄物発生量調査 (平成 13 年度分). 札幌.
- 堀井 聡・倉田陽平・林弥太郎 (1971) 一般成分分析法. *動物栄養試験法* (森本 宏監修). 280-297. 養賢堂. 東京.
- 石田元彦 (2001) 飼料成分の分析法人工消化法. *粗飼料の品質評価ガイドブック* (自給粗飼料品質評価研究会編). 43-47. 日本草地協会. 東京.
- 小坂清巳 (1971) 消化率指示物質. *動物栄養試験法* (森本 宏監修). 392-393. 養賢堂. 東京.
- LICITRA, G., T. M. HERNANDEZ, and P. J. VAN SOEST (1996) Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **57**: 347-358.
- MACHIN, D. H., S. PANIGRAHI, J. BAINTON, and T. R. MORRIS (1990) Performance of broiler chicks fed on low and high oil fish silages in relation to changes taking place in lipid and protein components. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **28**: 199-223.
- MCDONALD, I. (1981). A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. *J. Agric. Sci. Camb.*, **96**: 251-256.
- MEHREZ, A. Z. and E. R. ØRSKOV (1977) A study of the artificial fiber bag technique for determining the digestibility of feed in the rumen. *J. Agric. Sci. Camb.*, **88**: 645-650.
- MEHREZ, A. Z., E. R. ØRSKOV, and J. OPSTVEDT (1980) Processing factors affecting degradability of fish meal in the rumen. *J. Anim. Sci.*, **50**: 737-744.
- 農林水産省農林水産技術会議事務局編 (2000) *日本飼養標準肉用牛* (2000 年版). 中央畜産会. 東京.
- NWOKOLA E. and J. SIM (1990) Comparative evaluation of fermented fish waste, fermented whole herring, and fishmeal. *Poultry Sci.*, **69**: 270-275.
- ØRSKOV, E. R. and I. MCDONALD (1979) The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci. Camb.*, **92**: 499-503.
- PALMQUIST, D. L. and T. C. JENKINS (1980) Fat in lactation rations: Review. *J. Dairy Sci.*, **63**: 1-14.
- TIBBETTS, G. W., R. W. SEERLEY, H. C. MCCAMPBELL, and S. A. VEZEY (1981) An evaluation of an ensiled waste fish product in swine diets. *J. Anim. Sci.*, **52**: 93-100.
- VAN SOEST, P. J., J. B. ROBERTSON, and B. A. LEWIS (1991) Methods for dietary fiber, Neutral Detergent fiber, and Nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, **74**: 3583-3597.

