

# ホタテ貝殻等水産廃棄物の酪農への活用

株式会社ズコーシャ 廣永 行亮

○河原畑正也

## 1. はじめに

稚内市は、観光、水産業および酪農主体の農業を基幹産業とする日本最北端の都市である。水産業では、ホタテ、昆布、ウニ、タコなどの漁獲量が多く、新鮮な魚介類は重要な観光資源でもある。このうち、ホタテ貝殻、ウニ殻などの加工残渣と、水産資源保全のために駆除するヒトデ等は廃棄物として処理する必要がある、その量は 35,000 t/年に及ぶと推察され、資源としての有効活用が望まれている。特に、ホタテ貝殻は 12,500t/年と排出量が非常に多いうえ、主成分が炭酸カルシウム(石灰)であることから、硬くてかさが大きく、その処理が困難な状況にある。

一方、草地酪農を主体とした農業では、牧草地のほとんどに泥炭土(湿原植物の遺体の分解が不完全なために堆積した有機物のきわめて多い土壌)が分布している。牧草生育に適した土壌 pH は 5.5~6.5 であるのに対し、泥炭土の土壌 pH は 4.0~5.0 と低いため良質な牧草生産が阻害される。そこで、pH を上げるため(pH 矯正)石灰資材(炭カル)を投入しているが、近年では化学肥料等資材の価格高騰により、酪農経営が逼迫している。また、家畜ふん尿の堆肥化においては、効率的に腐熟を促進させるためのオガクズや稲わらなどの水分調整副資材の高騰や、家畜ふん尿だけでは牧草生育に対して肥料成分バランスが悪いといった問題がある。

さらに酪農経営が泥炭地で行われているため、牛舎周辺や作業道なども泥濘化が著しく、作業効率も悪い状況にある。

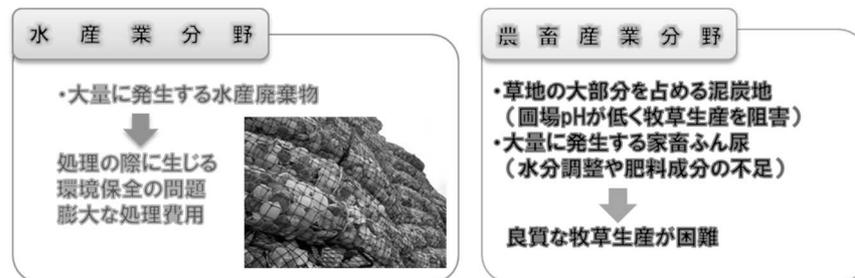


図 1-1 地域の概要(基幹産業における課題)

## 2. 調査概要

前述した地域の概要とその基幹産業における課題から、地域の活性化を図り発展していくためには、水産廃棄物を酪農経営改善に有効活用する地産地消型の食の循環システムを確立することが重要である。そこで、本研究では、以下に示す 3 つの実証実験を実施し、循環システムの構築を図った。

### ① 土壌改良資材利用検討調査

ホタテ貝殻を泥炭草地の pH 矯正資材として利用し良質な牧草生産を図る。

### ② 堆肥化検討調査

水産廃棄物を家畜ふん尿と併せて堆肥化し化学肥料費の削減を図る。

### ③ 泥濘化防止検討調査

ホタテ貝殻等を耕作道等へ敷設し泥濘化を防止することで作業性向上を図る。

### 3. 調査方法

#### 3-1. 土壌改良資材利用検討調査

##### (1) 供試試料

本調査で使用するホタテ貝殻は、稚内水産廃棄物残滓処理協同組合から排出されたものである。ホタテ貝殻は、そのまま草地に施用しても貝殻の表面を覆っているタンパク質の皮膜を除去できず、pH 矯正効果の速効性が期待できないことが予想された。効果を高めるために、焼成処理(800～1,000℃程度の高温処理)をすることが考えられるが、この方法では膨大なシステムの導入と経費が発生する。そこで、本調査においては、ホタテ貝殻を破砕機等で微粉碎して利用した。

##### (2) 調査圃場

調査圃場は、A牧場の4圃場(32、33、34 および 35 牧区)とB牧場の2圃場(圃場 12、48)、計6圃場で実施した。このうち、A牧場の4圃場はサラキトマナイ統(地力保全基本調査による)の泥炭土で、B牧場の2圃場はやや傾斜地に位置する増幌統の褐色森林土(洪積土)と泥炭土の混在地である。なお、圃場への施用は、均一に行うため25m<sup>2</sup>(5m×5m)の区画とし、無施用の対照区を設け、比較検討した。また、微粉碎と粗粉碎の施用効果を検討するため、34牧区と35牧区の2圃場には粗粉碎した貝殻を、それ以外の4圃場へは微粉碎した貝殻を施用した。

##### (3) 調査方法

土壌及び作物栄養の診断基準<sup>1)</sup>に基づき、各調査圃場に対する石灰中和量を測定後、各圃場の土壌 pH が 6.0 以上になるようにホタテ貝殻を施用し、施用後の土壌 pH の追跡調査を行った。また、室内試験において、ホタテ貝殻の処理方法および炭カルによる pH 矯正効果の違いを把握するために、表 3-1 に示す資材で石灰中和量を算出した。

表 3-1 試験区概要(室内試験)

資 材	内 容
微粉碎ホタテ貝殻	1 mmメッシュ未満(ふるいを通したもの)
粗粉碎ホタテ貝殻	3～5 mm(5 mmのふるいを通し、3 mmのふるいを通さないもの)
砕焼成処理ホタテ貝殻	1,000℃で5時間焼成した <sup>2)</sup> 1 mmメッシュ未満
炭カル	市販の炭カル(対照区)

#### 3-2. 堆肥化検討調査

##### (1) 供試試料

供試試料は、A牧場の牛舎から排出される牛ふんと稚内水産廃棄物残滓処理協同組合で排出される水産廃棄物のうち、平成 23 年度利用可能であったホタテ貝殻とヒトデを対象とした。ホタテ貝殻は、稚内水産廃棄物残滓処理協同組合で堆積されていたもので、ヒトデは引き上げられた直後のものである。

##### (2) 試験区の設定

試験区は、いずれも混合後の堆肥が 14.0t になるように設定し、A区はふん尿とホタテ貝殻、B区はふん尿とホタテ貝殻とヒトデ、C区はふん尿のみで、A区とB区のふん尿以外の水産廃棄物は堆肥全体の 15%とした(表 3-2)。なお、A牧場は子牛の預託育成を主に行っているため、排出されるふん尿は麦稈が多く含まれていた。

表 3-2 試験区の概要

区	内 容
A区	ふん尿(11.9t)+ホタテ貝殻(2.1t)
B区	ふん尿(11.9t)+ホタテ貝殻(1.4t)+ヒトデ(0.7t)
C区	ふん尿(14.0t)

ふん尿には敷料の麦稈が含まれる

### (3) 調査方法

各種原料および堆肥化後の肥料成分および有害成分(下水汚泥肥料の公定規格)の分析を行い、堆肥化による肥料効果を検証した。

## 3-2. 泥濘化防止検討調査

### (1) 供試試料

本調査で使用するホタテ貝殻は、稚内水産廃棄物残滓処理協同組合から排出されたものである。

### (2) 調査圃場

調査圃場は、A牧場 33、35 牧区と 32、34 牧区の境界の作業道である。A牧場の 32～35 牧区は泥炭地であるため、ち密度や地耐力が低く泥濘化しやすいといった特徴がある。

### (3) 調査方法

ホタテ貝殻を 33、35 牧区と 32、34 牧区の境界の作業道に 20cm 程度の厚さで敷設し、ホタテ貝殻敷設前後の地耐力をコーンペネトロメーターで測定し、比較検討した。地耐力は、土地改良事業計画設計基準 計画「暗きょ排水」(農林水産省構造改善局)<sup>4)</sup>の各種トラクタの車両指数と走行可能限界の地耐力を参考に、走行性の改善等について評価した。

## 4. 調査結果

### 4-1. 土壌改良資材利用検討調査

6 圃場の土壌を採取後、pH(H<sub>2</sub>O)と仮比重、石灰中和量を測定し、圃場施用量を算出<sup>1)</sup>した結果を表 4-1 に示す。当初の土壌 pH は、4.7～5.2 で、いずれの圃場も牧草地として望ましい 6.0～6.5 を大きく下回っていた。また、ホタテ貝殻による石灰中和量 (pH6.0) は、260～340 mg/20g であり、圃場への散布量は約 450～920 kg/10a となった。

表 4-1 圃場施用量の算出結果

圃場	面積(ha)	当初 pH H23 秋	石灰中和量*1 (mg/20g)	仮比重	圃場施用量*2 (kg/10a)
32 牧区	7.9	4.82	300	0.32	480
33 牧区	8.0	5.20	300	0.31	465
34 牧区	8.8	4.73	320	0.32	512
35 牧区	8.2	4.90	310	0.29	450
圃場 12	5.2	4.90	340	0.54	918
圃場 48	4.1	4.75	260	0.66	858

\*1: pH6.0 以上とするために必要な石灰(ホタテ貝殻:微粉碎)の量

\*2: 石灰中和量×仮比重×5

上記で算出した施用量をもとに、各圃場にホタテ貝殻を散布し、土壌 pH の追跡調査を行った結果を表 4-2 に示す。施用前の値や対照区と比較して、pH が明らかに上昇するといった酸性矯正効果はみられなかった。しかし、ホタテ貝殻のカルシウムは、その溶出が緩行的であると予想されるため、今後も継続して調査を行う予定である。

表 4-2 pH(H<sub>2</sub>O)の測定結果（現地調査）

圃場	ホタテ貝殻性状	土壌	試験区	pH(H <sub>2</sub> O)		
				H23 秋	H23 冬	H24 春
32 牧区	微粉碎	泥炭土	施用区	4.6	4.9	4.7
			対照区		4.9	5.1
33 牧区			施用区	5.2	4.4	4.7
			対照区		4.8	4.6
34 牧区	粗粉碎	泥炭土	施用区	4.5	4.7	4.4
対照区			4.4		4.5	
35 牧区			施用区	4.8	4.4	4.4
			対照区		4.8	4.4
圃場 12	微粉碎	洪積/ 泥炭土	施用区	4.8	4.9	5.1
			対照区		5.1	4.5
圃場 48			施用区	4.5	5.4	4.8
			対照区		5.1	5.0

次に室内試験において、異なる性状のホタテ貝殻を用いて石灰中和量測定を実施し、処理の違いによる施用量を算出した（表 4-3、図 4-1）。各資材の石灰中和量は、焼成処理が 40～180 mg で最も少なく、次いで炭カルが 90～290 mg、微粉碎が 140～440 であり、粗粉碎は 1,600～4,300 mg であった。また、石灰中和量測定結果から算出した各資材の圃場への施用量の多少は、前述の石灰中和量と同様の傾向で、炭カルを 1 とした場合の指数でみると、焼成処理微粉碎が 0.4～0.7、微粉碎が 1.5～1.7 であった。

表 4-3 圃場施用量の算出結果

圃場	資材	石灰中和量*1	仮比重	施用量*2 (kg/10a)	指数*3
32 牧区	微粉碎ホタテ貝殻	250	0.32	400	1.7
	粗粉碎ホタテ貝殻	4,000		6,400	26.7
	焼成処理ホタテ貝殻	110		176	0.7
	炭カル	150		240	1.0
34 牧区	微粉碎ホタテ貝殻	440	0.32	704	1.5
	粗粉碎ホタテ貝殻	4,300		6,880	14.8
	焼成処理ホタテ貝殻	180		288	0.6
	炭カル	290		464	1.0
圃場 48	微粉碎ホタテ貝殻	140	0.66	462	1.6
	粗粉碎ホタテ貝殻	1,600		5,280	17.8
	焼成処理ホタテ貝殻	40		132	0.4
	炭カル	90		297	1.0

\*1：石灰中和量=pH6.0以上とするために必要な石灰（ホタテ貝殻：微粉碎）の量

\*2：施用量=石灰中和量×仮比重×5

\*3：指数=各圃場(土壌)で炭カルを1とした場合の指数

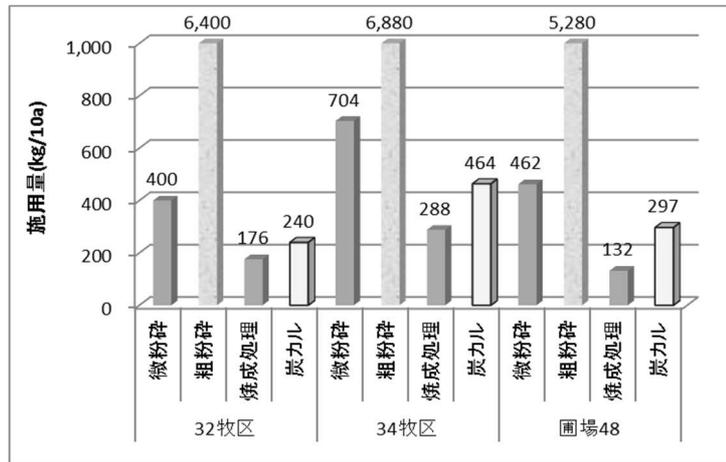


図 4-1 圃場への各資材施用量

以上のことから、微粉碎ホタテ貝殻資材は、炭カルと比べると pH 矯正効果はやや低く、圃場への散布量が若干多くなることが示された。そこで、微粉碎ホタテ貝殻と炭カルでの経済性を比較し、ホタテ貝殻の優位性を以下に検証した。

#### ・ 経済性評価

室内試験から求めた微粉碎ホタテ貝殻資材と炭カルの圃場への施用量に、製造コストと聞き取りによる販売額を考慮し、pH 矯正に係る資材費を検討した。微粉碎ホタテ貝殻資材の製造コスト試算表を表 4-4 に示す。製造コストは、稚内で珪藻土の微粉碎処理技術を有している業者がホタテ貝殻の微粉碎作業を実施し、試算した。試算の結果、微粉碎ホタテ貝殻 1kg あたりの製造コストは 7.478 円となった。また、炭カルの販売価格は 16 円/kg (JA 北宗谷) であった。

表 4-4 微粉碎ホタテ貝殻資材の製造コスト試算表

摘 要		単 価 (円/t)	備 考	
製造コスト	イニシャルコスト	700	設備投資額 5 年償却	
	小計	700		
	ランニングコスト	貝殻原材料費	-	原料費、持込み費は排出事業者負担前提
		電力料	560	契約電力 150 k w 高圧 基本料+量料金
		重機燃料・油脂	218	ショベル、リフト用
		人件費 (4 名体制)	1,875	
		補修費	150	維持補修
		消耗品費	100	定期交換物他
		パレット・シート	1,325	パレット積、シート掛け材料
		包装材料費	2,550	20 kg/袋×50 袋/ t ポリ袋 (ロス 2%勘案)
小計	6,778			
	7,478	7.478 円/kg		

製造コストおよび炭カルの販売価格（320 円/20 kg=16 円/kg：JA 北宗谷）から、各圃場における投入資材費を算出した（表 4-5、図 4-2）。施用量は、いずれの圃場でも微粉碎ホタテ貝殻資材が炭カルより多くなるが、試算した製造コストが炭カルの価格より低いため、資材費は微粉碎ホタテ貝殻が炭カルより安価となった。ただし、試算した資材費は、炭カルにおいては販売価格であり、運搬費や JA の取扱コストが含まれているが、微粉碎ホタテ貝殻においては、製造コストのみの計上であることから、運搬費や取扱経費等についてもさらに検討する必要がある。いずれにしても、ホタテ貝殻を微粉碎して、土壌 pH 矯正資材として活用していくためには、炭カルの価格を指標としながら、現在、試算している製造コストの維持が重要である。

表 4-5 施用量と資材費

圃場	資材	施用量 (kg/10a)	資材費*1 (円/10a)
32 牧区	微粉碎ホタテ貝殻	400	2,991
	炭カル	240	3,840
34 牧区	微粉碎ホタテ貝殻	704	5,265
	炭カル	464	7,424
圃場 48	微粉碎ホタテ貝殻	462	3,455
	炭カル	297	4,752

\*1：施用量×製造費（7.478 円/kg）、炭カル=施用量×販売価格（16 円/kg）

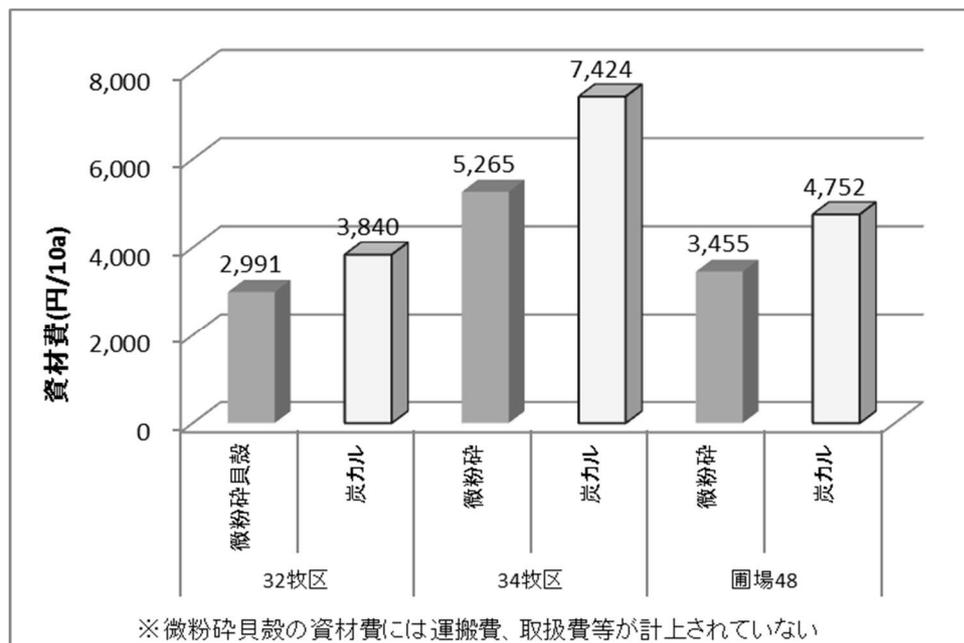


図 4-2 資材費の比較

#### 4-2. 堆肥化検討調査

各原料の肥料成分を表 4-6 に示す。原料のホタテ貝殻については、堆肥化試験に用いた 1 年堆積後のホタテ貝殻、本年度収穫の生のホタテ貝殻、生のホタテ貝殻を 1 時間煮沸したボイルの 3 種類について成分分析した。ヒトデは、ふん尿中には多く含まれていない窒素、リン酸、マグネシウムが多く、ホタテ貝殻はカルシウムが他の原料より圧倒的に多かった。また、ホタテ貝殻の 1 年堆積後、本年度収穫ものである生、ボイルしたものでは、成分に明確な差がなかった。これらのことから、ヒトデやホタテ貝殻をふん尿と混合して堆肥化することで、ふん尿に不足する成分を補足する効果が期待された。さらに、堆積年数やボイルなどの処理によって、肥料成分への影響はないと判断した。

表 4-6 各原料の肥料成分

項目	単位*1	ふん尿	ヒトデ	ホタテ貝殻		
				1 年堆積	生	ボイル
窒素全量	%	0.34	2.1	0.10	0.08	0.08
アンモニア性窒素	%	0.10	0.05	0.01 未満	0.01 未満	0.01 未満
りん酸全量(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	%	0.14	0.30	0.17	0.1	0.12
加里全量(K <sub>2</sub> O)	%	0.36	0.28	0.052	0.01	0.016
石灰全量(CaO)	%	0.78	6.9	51.0	50.9	53.1
マグネシウム(MgO)	%	0.075	0.57	0.20	0.12	0.13
水分含有量	%	84.1	64.3	7.6	9.8	5.5

\*1：結果は原物あたり

各原料について、下水汚泥肥料の公定規格に示されている項目の分析を実施した（表 4-7）。下水汚泥肥料の公定規格と比較すると、いずれも基準値以下であったことから、ヒトデやホタテ貝殻をふん尿と混合して堆肥化し、圃場へ施用することで、牧草や周辺の水質等へ悪影響を及ぼすことはないと考えられた。しかし、ヒトデはヒ素とカドミウムにおいて他の原料よりやや高い値を示したことから、継続的に分析することも必要と考える。

表 4-7 各原料の有害成分（原物あたり）

項目	単位*1	ふん尿	ヒトデ	ホタテ貝殻			基準値*2
				1 年堆積	生	ボイル	
ヒ素	%	0.2	1.1	0.4	0.2	0.2	50
カドミウム	%	0.1 未満	0.5	0.1 未満	0.1 未満	0.1 未満	5
水銀	%	0.03	0.09	0.01 未満	0.01 未満	0.01 未満	2
ニッケル	%	3	2	8	5	6	300
クロム	%	5	2	17	9	12	500
鉛	%	1	1	1 未満	1 未満	1 未満	100

\*1：結果は乾物あたり

\*2：下水汚泥肥料の公定規格(含有を許される有害成分の最大量(%))

堆肥化後の各区の肥料成分を表 4-8 に示す。各区における肥料成分は、アンモニア性窒素以外がいずれも B 区(ふん尿+ホタテ+ヒトデ)が最も多く、次いで A 区(ふん尿+ホタテ)が多い結果で、ふん尿のみの C 区より肥料成分が増加した。これらのことから、ヒトデやホタテ貝殻を混合することによって、ふん尿だけでは不足していたリン酸、石灰(カルシウム)、マグネシウム等を補足出来ることが示唆された。

表 4-8 各堆肥の肥料成分

項目	単位*1	堆肥化初期(混合時)			含有成分の指標*2
		A区	B区	C区	
窒素全量	%	0.51	1.0	0.34	0.6
アンモニア性窒素	%	0.17	0.14	0.10	—
りん酸全量(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	%	0.23	0.69	0.14	0.4
加里全量(K <sub>2</sub> O)	%	0.62	0.73	0.36	0.5
石灰全量(CaO)	%	2.3	5.6	0.78	—
マグネシウム(MgO)	%	0.12	0.43	0.075	—
炭素窒素比(C/N比)		13.0	8.8	20.0	14
水分含有量	%	79.0	67.9	84.1	77

\*1：結果は原物あたり

\*2：北海道施肥ガイド(各種有機資材の一般特性、牛ふん堆肥)より

#### 4-3. 泥濘化防止検討調査

図 4-3 にホタテ貝殻敷設前後の状況を示す。ホタテ貝殻敷設前は、作業道に水溜まりが散在し歩行にも障害があるほどであったが、敷設後は水溜まりが解消された。



図 4-3 ホタテ貝殻敷設前後の状況

また、図 4-4、4-5 に各調査地点の地耐力の変化を示す。なお、地耐力と車両走行性の関係について、土地改良事業計画設計基準(計画「暗きょ排水」)<sup>4)</sup>によると、空気用タイヤのトラクタ(500~1,000 kg)の走行可能限界の地耐力は、 $370\text{kN/m}^2$ とされている。ホタテ貝殻敷設前に、トラクタ走行限界である  $370\text{kN/m}^2$  以上の地耐力を確保できたのは、地点 35 北で深さ 0.35m、地点 35 南と地点 33 で深さ 0.25m、地点 33 パドック内で深さ 0.15m であった。これが、ホタテ貝殻敷設後には、全ての地点において、深さ 0.10m での走行限界の地耐力を確保でき、いずれの地点も深さ 0.15m からは測定不能まで堅密になっていた。したがって、ホタテ貝殻を敷設することで、トラクタ走行性が安定し、作業性が向上するものと判断できる。

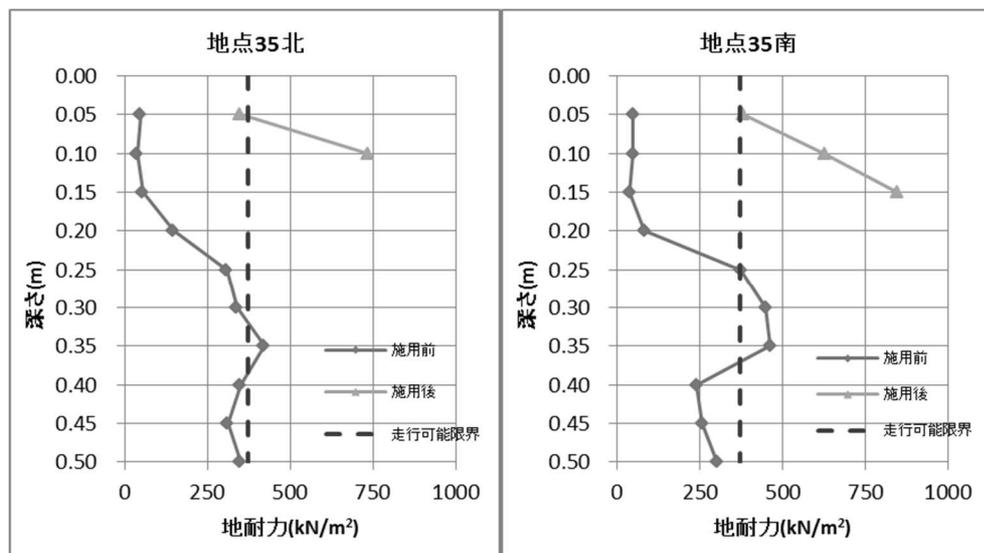


図 4-4 地耐力の変化(地点 35 北、地点 35 南)

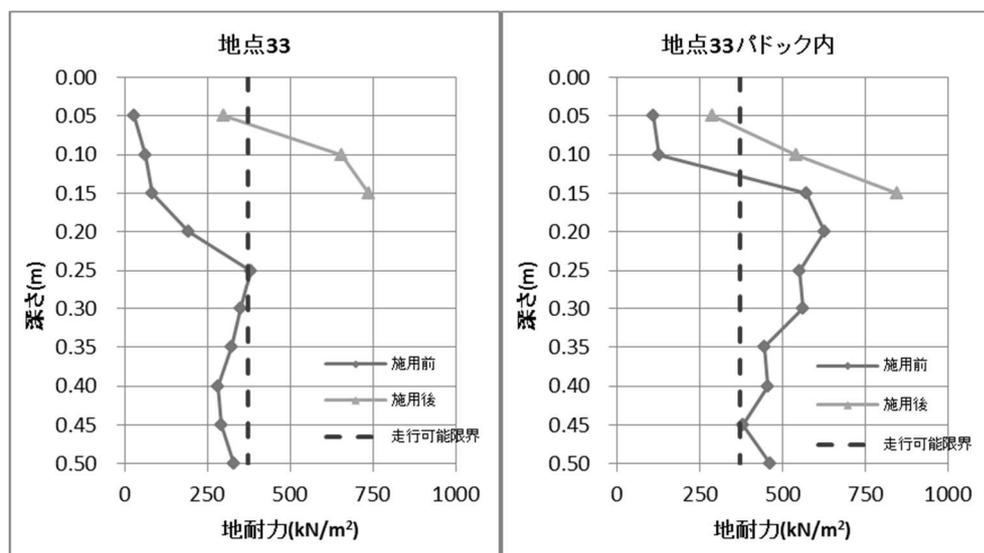


図 4-5 地耐力の変化(地点 33、地点 33 パドック内)

## 5. ホタテ貝殻等水産廃棄物の酪農への循環

前述の実証実験調査等の結果より、ホタテ貝殻等の水産廃棄物の酪農への活用が有効可能であることが示された。そこで、稚内市で発生する水産廃棄物や家畜ふん尿等の賦存量等を明確にし、ホタテ貝殻等水産廃棄物の酪農への循環モデル構築を行った。

図 5-1 に稚内市で発生する主な廃棄物の発生量を示す。廃棄物のうち最も多いのは家畜ふん尿で 281,050t/年、次いで水産廃棄物が 35,000t/年であった。

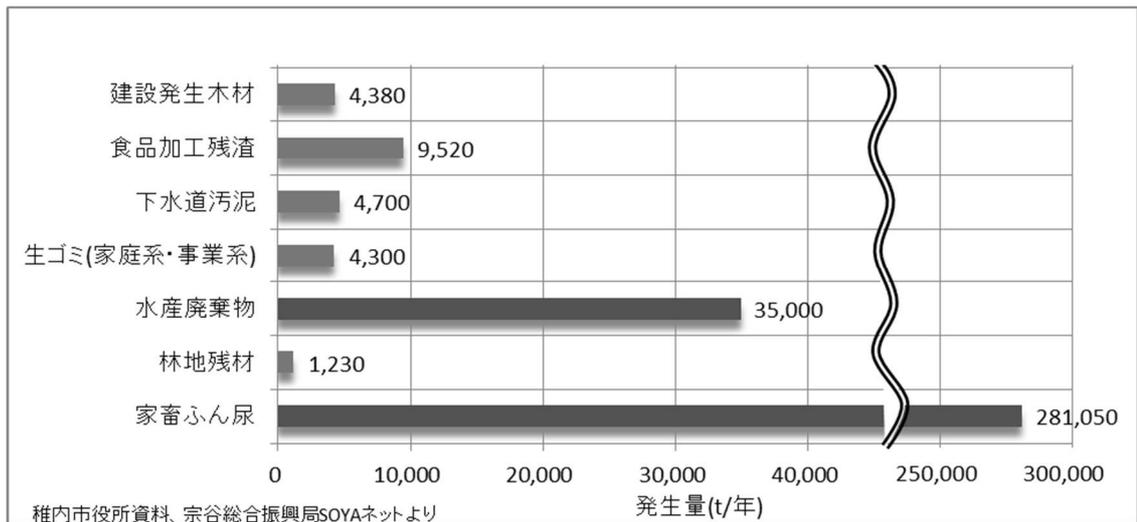


図 5-1 稚内市の廃棄物発生量(市役所資料、宗谷総合振興局 SOYA ネットより)

図 5-2 にホタテ生産量に占める貝殻の割合とその活用状況を示す。ホタテの生産量は年間 35,000t でそのうち約 36%の 12,500t が貝殻として発生する。このホタテ貝殻は、2 年程度前までは、国営農地防災事業の暗渠資材、カキ貝養殖用および道路資材として用いられてきた。しかし、現在は、農地防災事業による圃場整備面積も減少傾向にあり、約 2,000t/年が余剰となり、野積みされている。さらに、今後、農地防災事業による暗渠整備が完了する場合は、計 9,000t/年のホタテ貝殻が余剰となるとも予測される。

また、ヒトデは、ツブの籠漁やホタテ、アサリなどの漁場では食害や混獲、さらには漁網の損傷による漁業効率の低下が深刻で<sup>5)</sup>、稚内市も 305t/年を埋め立て処理している。

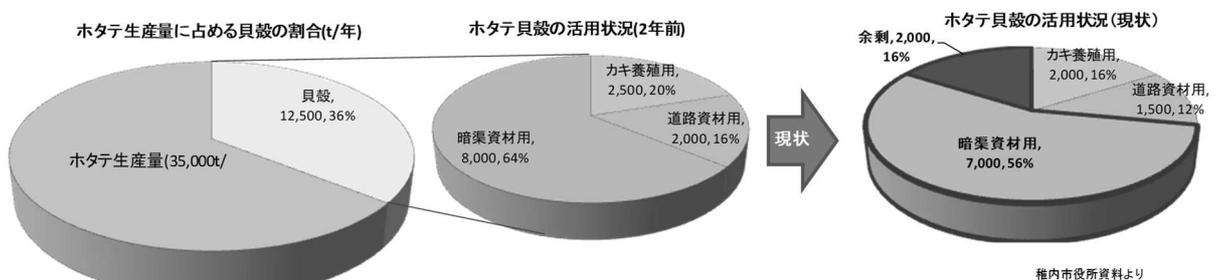


図 5-2 ホタテ生産量に占める貝殻の割合とその活用状況

以下に、本調査で構築したホタテ貝殻等水産廃棄物の酪農への循環モデルを示す。

## ・ 土壌改良資材としての活用

稚内市に分布する泥炭土の割合を表 5-1 に示す。稚内市には、合計 2,363ha の泥炭土が分布している<sup>6)</sup>。

表 5-1 稚内市の泥炭土面積

土壌区名*1	面積 (ha)
浜勇知 1	100
サラキトマナイ	2,093
浜勇知 2	170
合 計	2,363

\*1：地力保全基本調査による

この泥炭地の土壌 pH を改良するための炭カルおよびホタテ貝殻の必要量と、その費用を表 5-2 に示す。

表 5-2 泥炭地面積と pH 矯正のための資材量と費用

項 目	炭カル	ホタテ貝殻
泥炭地面積 (ha) ①	2,363	
資材必要量* (kg/10a) ②	333.7	522.0
資材必要量 (t) ③=①×②	7,885	12,335
資材単価 (円/kg) ④	16	7.484
費用総額 (円) ⑤=③×④	126,165,296	92,314,092
差額 (円；炭カル-ホタテ貝殻) ⑥	33,851,204	
1 kg 当り差額 (円/kg) ⑦=⑥÷③	2.7	

\*炭カル必要量；pH6.0 にするのに必要な量 (実証調査結果の平均値)

調査結果から泥炭土草地土壌を pH6.0 にするための炭カル必要量 (実証調査での平均値) が、333.7 kg/10a であり 2,363ha 全体に施用する場合は 7,885t 必要であった。この炭カル量に JA 聞き取りによる単価 16 円/kg を乗じると約 126 百万円の費用が必要となった。

一方、ホタテ貝殻施用の場合は、10a 当りの必要量が 522 kg/10a で泥炭地全体に施用する場合には 12,335t 必要となった。これに、ホタテ貝殻の粉砕費 (7.484 円/kg) を乗じて費用を算出すると約 92 百万円が必要となった。

炭カルとホタテ貝殻施用の場合の費用の差額は、約 34 百万円で、1 kg 当りでは 2.7 円 (33,851,204 ÷ 12,335 ÷ 1,000) となった。ただし、前述したようにホタテ貝殻粉砕に係る費用には、運搬費や保管管理費等が含まれていないため、ホタテ貝殻の施用単価が炭カルを上回らないようにするためには、運搬や保管管理費等を 2.7 円/kg 以下に抑える必要があった。

また、北海道農業生産技術体系<sup>7)</sup>によると土壌改良資材施用は、更新 4 年目以降草地に実施するとされている。そこで、稚内市の泥炭地の半分にホタテ貝殻を施用すると想定し、この場合は 6,167t (12,335 ÷ 2) の施用が必要であると算出された。

## ・堆肥化への活用

稚内市の酪農家から発生するふん尿は図 5-1 に示すように、約 281 千 t と膨大である。ただし、これらは廃棄物として処理されるのではなく、各牧場で堆肥化等の処理後に圃場還元されている。この堆肥に、水産廃棄物を副資材として混合させることで、肥料成分が補足され、より有効な堆肥となることが期待される。

前述したように、稚内市のホタテ貝殻は将来的に 9,000t 余剰になる可能性がある。また、土壌改良資材として泥炭地の半分に施用する場合には、6,167t が必要であった。これらのことから、堆肥化における副資材としてのホタテ貝殻の利用可能量は、2,833t と試算された(表 5-3)。さらに、稚内市ではヒトデが 305t/年発生しており、ふん尿と混合した堆肥化が望まれる。

表 5-3 ホタテ貝殻余剰量と利用量

項 目	量(t/年)
ホタテ貝殻余剰量 ①	9,000
土壌改良資材での利用量 ②	6,167
堆肥化の副資材での利用量 ③=①-②	2,833

これら水産廃棄物を堆肥化の副資材として用いた場合のそれぞれの使用量を求めた結果を表 5-4 に示す。

表 5-4 堆肥化に伴う水産廃棄物とふん尿の必要量

種 類	ヒトデ (t)	ホタテ貝 殻(t)	ふん尿 (t)	合計 (t)	備 考
ホタテ貝殻ヒトデ堆肥	305	610	5,185	6,100	比率=1 : 2 : 17
ホタテ貝殻堆肥	0	2,223	12,595	14,817	比率=1 : 5.7
合 計	305	2,833	17,780	20,917	

ホタテ貝殻・ヒトデ堆肥は、実証実験結果での混合比率（ヒトデ：ホタテ貝殻：ふん尿＝1：2：17）を採用した場合、ヒトデの発生量 305t を基準とし、ホタテ貝殻 610t、ふん尿 5,185t が処理できると試算された。ホタテ貝殻堆肥としてのホタテ貝殻利用量は、ホタテ貝殻余剰量 9,000t から、土壌改良資材およびホタテ貝殻・ヒトデ堆肥としての利用量、計 6,777t を減じた 2,223t となり、それに必要なふん尿量は 12,595t と試算された。

したがって、水産廃棄物と混合する堆肥化に用いるふん尿は 17,780t で、処理堆肥量はヒトデ+ホタテ堆肥が 6,100t、ホタテ貝殻堆肥が 14,817t であった。

また、堆肥化設計マニュアル<sup>3)</sup>に示されている式①により、堆肥でき上がり量を算出し、表 5-5 に示す。算出の結果、でき上がり量は、ホタテ貝殻+ヒトデ堆肥が 4,479t、ホタテ貝殻堆肥が 8,890t で、合計 13,370t であった。これらの堆肥を圃場へ 5t/10a 還元すると、267.4ha の草地への散布が可能であった。

$$\text{堆肥でき上がり量} = (\text{処理量} \times \text{乾物率}) \times \frac{100 - \text{総乾物分解率}(\%)}{100 - \text{でき上がり堆肥の水分}(\%)} \quad \dots \text{式①}$$

表 5-5 各堆肥のでき上がり量

種 類	処理量 (t)	乾物率*1 (%)	総乾物 分解率*1 (%)	出来上がり 水分*2 (%)	出来上がり 堆肥量 (t)
ヒトデ+ホタテ堆肥	6,100	32.1	30	69.4	4,479
ホタテ貝殻堆肥	14,817	21.0	30	75.5	8,890
合 計	20,917	-	-	-	13,370

\*1：畜ふんの総乾物分解率の目安(処理日数 50～60 日)(堆肥化設計マニュアル P117 より)

\*2：本調査の試験結果より

## おわりに

本調査において、水産廃棄物であるホタテ貝殻を微粉碎することで、土壌 pH の矯正資材として有効利用可能なことと、ホタテ貝殻やヒトデを牛ふん尿と混合して堆肥化することで肥料成分が向上することが明らかとなった。さらに、ホタテ貝殻等の水産廃棄物が稚市内で十分、有効的に循環利用できることが試算された。

また、北海道内には、稚内市と同様に水産廃棄物と酪農廃棄物が大量に排出される地域が多く、いずれも泥炭土が分布しているため、稚内市と同様の問題を抱えていることが予想される。したがって、今後、この地域内循環システムが確立されれば、道内類似地域にも応用できると期待する。

なお、本報告は「平成 23 年度 地産地消費の循環システム構築事業 ホタテ貝殻等の水産廃棄物の酪農への活用」および「稚内市水産廃棄物資源化実証実験委託業務」の結果をまとめたものである。

## 【引用文献】

- 1) 北海道立中央農業試験場 北海道農政部農業改良課(1992)：土壌および作物栄養の診断基準-分析法(改訂板)-
- 2) 岩手県工業技術センター研究報告第 10 号(2008)：一体焼成技術による貝殻の資源化と木炭の高機能化(第一報)
- 3) 社団法人中央畜産会(2000)：堆肥化施設設計マニュアル
- 4) 農林水産省構造改善局(2000)：土地改良事業計画設計基準計画「暗きょ排水」
- 5) 坂口守彦・高橋是太郎編(2011)：農・水産資源の有効利用とゼロエミッション
- 6) 北海道立中央農業試験場(1993)：北海道立農業試験場 第 21 号 北海道土壌区一覧
- 7) 社団法人北海道農業改良普及協会(2005)：北海道農業生産技術体系 北海道農政部編 第 3 版