

## 原 報

# 生乳輸送における衛生管理と品質変化：タンクローリー とソフトタンクシステムとの比較検討

塚本知玄<sup>1</sup>・浅野浩正<sup>2</sup>・小野伴忠<sup>1</sup>(<sup>1</sup>岩手大学農学部農業生命科学科, <sup>2</sup>株式会社アサノ通運)

## Sanitation Control and Quality Changes of Raw Cow Milk during Trucking: Comparative Study on Tanktruck and Softtank System

Chigen Tsukamoto<sup>1</sup>, Hiromasa Asano<sup>2</sup> and Tomotada Ono<sup>1</sup>(<sup>1</sup>Department of Agro-Bioscience, Faculty of Agriculture, Iwate University, Morioka, Iwate 020-8550, Japan<sup>2</sup>Asano Transportation Co. Ltd., 72-2, Kobosoura, Massaki, Ofunato, Iwate 022-0002, Japan)

### Summary

A new trucking method of liquids, called the Softtank system, has recently been developed and given attentions to improve conventional trucking method. The system is equipped with a size-free flexible bag with a pressure-resistant watertight zipper. It could be installed on common trucks with metal frames to prevent agitation of the liquid. Unique characteristics of this system are as follows: 1) Load volume of liquid is free. 2) Consolidated service is available. 3) The system can be folded into smaller size, so that other goods can be loaded on the return trip. 4) Attached zipper makes cleaning of the inside of the bags easy and the sanitation task become independent from the drivers' responsibility. 5) It is recyclable for several hundred times.

By using raw cow milks, the Softtank system was compared with a conventional trucking method on the quality control including sanitation, temperature, and bacteria counts. In the summer of 2001, test trials were performed five times. The average of the transportation distance and duration were about 600 km and 19 hours, and provided the following results:

- 1) Just before loading the milk, the cleanness of the containers was tested with a commercial ATP detection kit. The Softtank containers were sufficiently clean at each trial, but the test detected microorganisms of contamination in some parts of the container of the tanktrucks. The contamination diminished by the fifth trial. The cause of the contamination of the tanktruck appeared to be a lack of explicit sanitation specifications to the sanitation operators.
- 2) Increased temperature of the milk during trucking was observed at the upper part of the container of tanktrucks. Since the increase was not depended on the outdoor temperature, it might be caused by the increased temperature of head space (upper part) of container, which is caused by the direct rays of the sun.
- 3) No increase of microorganisms was found throughout the trucking trials.
- 4) Fat content of the milk transported by the tanktrucks was increased about 0.1%. This was thought that some of fat globules were disrupted by churning and large sized fat globules (cream) were produced during the trucking by the tanktrucks. This phenomenon was not observed in the Softtank system.

These results indicate that the Softtank system is a superior trucking method to achieve better sanitation of the containers and maintain higher quality of raw cow milk.

### 緒 言

大量の液体を陸上輸送する場合、現在はタンクローリー輸送が主体となっている。その理由の第一に、タン

クローリー輸送の安全性の高さが挙げられる。仮に10トンの水を大きな水槽に入れて一般車両で運ぼうとすると、発進、停止、カーブなどで水面が前後左右に大きく偏り、その結果として多くの場合、水槽の水の大半がこぼれ出すことになる。水がこぼれないよう表面をビニー

ルシートで覆った（あるいは大きなビニール袋に水を入れた）としても、水の揺れに伴い荷重の著しい不均衡が生じるため、ビニールシートはその水圧に絶えきれず破損し、結局、水がこぼれ出すことになる。タンクローリーはその外観からは大きなステンレスポットをイメージさせるが、内部はいくつかの小さな空間に分けられており、液体の揺れによる荷重の不均衡や偏りが極力抑えられるよう工夫されている。また、輸送中の荷重や水圧の変化にも十分耐える構造となっている。

このように、大量の液体を安全に輸送する手段としてはタンクローリーのような定型容器を用いるのが一般的である。しかしながら、タンクローリーは容器形態とその容量が決まっているため、少量の液体を輸送する場合は輸送効率が低下する。また、生乳輸送用タンクローリーのように、他の液体食品の香りが生乳に移らないよう生乳専用車両とすることも多い。この場合、帰路に他の液体を積み込めないため、輸送効率は著しく低下する。これらは、タンクローリー輸送の大きな欠点と考えられる。

最近、タンクローリーによる液体輸送に関するこれらの欠点を改善するための新しい輸送システムが提案された<sup>1)~8)</sup>。この方法は、高圧耐性仕様の防水ファスナー付シートを任意の大きさに加工した袋状容器（ソフトタンク）を一般貨物車両に装着して液体を輸送するもので、液体の揺れや偏りを防ぐため金属枠の設置など種々の工夫が車両側に施されており、ソフトタンクシステムと呼ばれる。輸送中の安全性はタンクローリーと同等であるが、タンクローリーには無い以下のような特徴を持つ。

1. 袋は一般貨物車両に脱着可能となることから、任意の量の液体を輸送できる。
2. 液体以外の貨物との混載など車両の多目的利用が可能となる。
3. 配送後の袋や車両内部の金属枠は小さく収納できることから、復路を通常の貨物便として利用できる。これにより、片側配送に比べ配送コストが半減する。
4. 折りたたんで持ち帰った袋はファスナーを開くだけで内面を容易に露出させられることから、容器の洗浄や殺菌が容易に実施でき、繰り返し使用（数百回）できる。
5. 輸送と容器洗浄作業とを切り離して行うことができることから、車両運行日程計画から容器洗浄工程が省略でき、車両の運行効率が向上する。

これらの特徴から、ソフトタンク輸送は、従来のタンクローリー輸送の欠点を補完する新しい液体輸送システムとして注目されている。しかしながら、ソフトタンクで輸送する場合、特に食品輸送については、その衛生面や、輸送による品質変化等について十分な検討がなされていない。そこで今回、生乳輸送をモデルとして、容器の洗浄度、輸送時の品温、菌数、乳質の変化等についてタンクローリー輸送との比較検討を行った。

## 材料と方法

### 1 生乳の輸送

平成13年8月18日から9月1日にかけて、タンクローリーとソフトタンクを用い、岩手県経済連の生乳集荷冷却出荷施設である遠野コールドセンター（岩手県遠野市）から荷受け先の森乳業（埼玉県行田市）に合計5回、生乳を輸送した。試験に使用した車両は、タンクローリー（大東貨物所有のタンクローリー、最大積載量12t、タンク製造日：平成10年6月）とソフトタンクシステム用に改造した貨物トラック（アサノ通運所有の冷凍車、最大積載量12.2t、ソフトタンク製造日：平成10年8月）で、どちらも輸送能力やタンク製造日が同程度となるよう選定した。また、輸送に際して、タンクローリーは温度制御を行わなかったが、ソフトタンクを設置した冷凍車のコンテナは、設定温度を $-5^{\circ}\text{C}$ （一定）にセットした。

### 2 洗浄後容器の清浄度

拭き取り試験. . . タンクローリーの洗浄作業は株式会社コープラインが、またソフトタンクについては株式会社アサノ通運が、それぞれの管理要項に記載されている洗浄管理基準ならびにそれらの実施マニュアルに従い通常通り実施した。すなわち、タンクローリーでは、CIP洗浄による温湯すすぎ（ $40^{\circ}\text{C}$ 、2分以上）・アルカリ洗浄（ $0.8\sim 1.5\%$ NaOH、 $60\sim 80^{\circ}\text{C}$ 、5分以上）・水すすぎ（3分以上）・殺菌（次亜塩素酸ナトリウム $100\sim 200\text{ppm}$ 、3分以上）・水すすぎ（3分以上）の後、CIP洗浄では洗浄しきれない部分について、タンクローリー内部に人が入り、手洗浄（ $1.0\%$ アルカリナー、 $40^{\circ}\text{C}$ ）した。またソフトタンクでは、ソフトタンクのファスナーを開き手洗浄（ $5\%$ デイクリーナーS、 $40^{\circ}\text{C}$ ）した後、自動洗浄機にセットし、ソフトタンク内部を、温湯すすぎ（ $60^{\circ}\text{C}$ 、2分以上）・アルカリ洗浄（ $5\%$ デイクリーナーS、 $60^{\circ}\text{C}$ 、5分以上）・温湯すすぎ（ $60^{\circ}\text{C}$ 、15分以上）した。その後、専用乾燥室（室温 $80^{\circ}\text{C}$ にセットし、オゾン発生装置と殺菌灯を始動させる）に吊り下げ、ファンを使用し60分間乾燥した。

洗浄後、あらかじめ検査部位を決めた部分（タンクローリーでは16カ所、ソフトタンクでは12カ所）について、容器洗浄度評価のための拭き取り試験を実施した。それぞれの拭き取り部位をFig. 1とFig. 2に示す。また、拭き取り試験は、タンクローリーの場合は全農遠野コールドセンター（岩手県遠野市）または全農山麓コールドセンター（岩手県西根町）で、生乳積込直前に行われる洗浄作業の直後に、また、ソフトタンクの場合はアサノ通運配車センター（岩手県遠野市）で、生乳

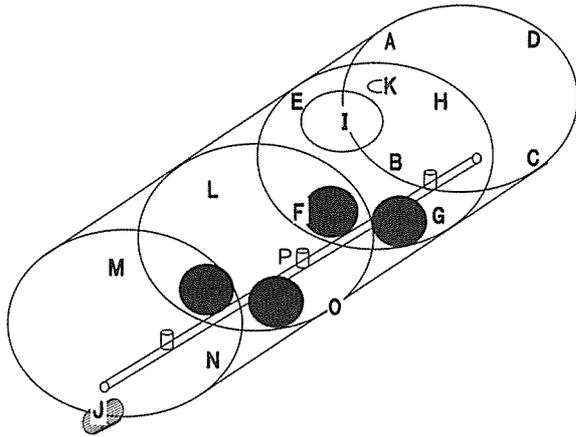


Fig. 1 Sampling position for cleanness-test of tank-truck.  
A, B, C and D are the upper left, the lower left, the lower right, and the upper right corners of an end plate, respectively. E, F, G and H are the upper left, the lower left, the lower right, and the upper right corners of a partition plate, respectively. I, inside surface of a loading manhole; J, an outlet; K, a breathing hole. L, M and N are the upper, the left side and the lower surfaces of inside, respectively. O, a part of weld; P, a pipe line of CIP washing system.

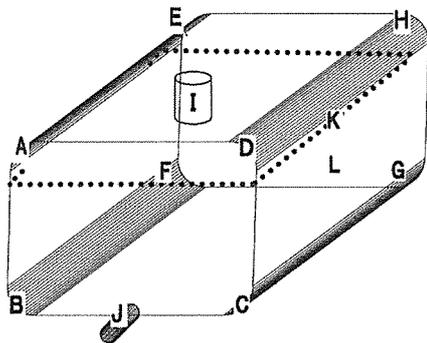


Fig. 2 Sampling position for cleanness-test of Softtank.  
A, B, C and D are the upper left, the lower left, the lower right, and the upper right corners of one end of the Softtank, respectively. E, F, G and H are the upper left, the lower left, the lower right, and the upper right corners of the other end of the Softtank, respectively. I, inside surface of a mixing hole; J, a filling and outlet port; K, zip fastener; L, the right side surface of inside.

積込に向けたトラックへのソフトタンク装着作業時に実施した。

タンパク質残留量の評価 (フキトリマスター検査). 洗浄後に容器に残留しているタンパク質を, タンパク質簡易検出キット「フキトリマスター」(コニカ㈱)を用い, フキトリマスター計測マニュアルに従い実施した。尚, カラースケールで示される「レベル1」は, タンパク質量がほとんど検出されない (100 μg 以下/拭き

取り面積) 場合である。

清浄度の評価 (ATP 検査). 洗浄後容器に残留している生菌数を, ATP 量を指標とした簡易検出キット「HY-LiTE2 システム」(メルクジャパン㈱)を用い, 分析マニュアルに従い検査した。尚, このキットのマニュアルには, 生乳では, 測定値100以下が合格 (衛生上問題無い), 測定値300以上は不合格 (食品原料として危険性がある) と判定するというおおよその基準が示されている。

### 3 乳温並びに外気温の測定

出発時の生乳温度は, 積み込み作業終了後直ちに, タンクローリーはマンホール部分 (Fig. 1のI) で, またソフトタンクは攪拌口部分 (Fig. 2のI) で, それぞれデジタル温度計 (チノーカードロガー MR5300) を用いて測定した。到着時の品温は, タンク内の生乳を攪拌棒で50~60回, 上下に攪拌した後, 同一部分で同様に測定した。

輸送中のタンク内分の乳温は, それぞれ, 上層・中層・下層に自動記録温度計のセンサープローブを固定し, 出発時から30分間隔で, 降り開始まで (生乳攪拌前まで) 測定した。自動記録温度計は, ソフトタンクは㈱チノー製カードロガー MR5300を, タンクローリーはebro 社製 EBI-125A を用いた。

配送試験中の外気温測定は, タンクローリーはタンク助手席側ハシゴ部分に, またソフトタンクは荷台助手席側観音扉開閉レバー部分にチノーカードロガー MR5300 を取り付け, 30分間隔で測定した。

### 4 菌数測定

菌数測定は, 遠野コールドセンター (発地) と森乳業 (着地) の担当者が, 乳等省令に基づくブリード法 (メチレンブルー染色プレパラートの直接個体鏡検法) で行った。サンプリングは配送試験毎に実施し, 直ちにプレパラートを作成し計測した。この時のサンプリングは, 通常の作業通り実施した。すなわち, 生乳を攪拌棒で上下に50~60回攪拌した直後に, タンクローリーではタンク上部のマンホールから, またソフトタンクは攪拌口からそれぞれ, 穴に手を入れ, 表面付近の生乳約1リットルを手付きポリビーカーで分取しサンプルとした。

またそれとは別に, 生乳の注入・排出ホースに三方バルブを取り付け, 注入・排出時に経量的にサンプリングを行い, 荒井らの改良ブリード法<sup>9)</sup>により菌数測定を行った。すなわち, 生乳の注入・排出作業開始後, 約2トン毎に, ホースに接続した三方バルブを少し開いて, 滅菌済み採取管に約25 ml ずつ生乳を採取した。それぞれの生乳サンプルからマイクロピペットを用いて0.01 ml を分取し, 1 cm<sup>2</sup> の面積に一樣に塗り広げ, マニユ

アルに従い染色プレパラートを各サンプル5枚ずつ作成した。プレパラート毎に30カ所ずつ個々に菌数を計測（各サンプル毎に計150カ所を読取り）し、その平均値を顕微鏡視野（直径0.206 mm）あたりの菌数（個）とした。この個数に30万を乗じた数値の上位2桁を有効数字として略算したものを、生乳1 ml中の細菌数とした。

尚、乳等省令による生乳の規格基準は、1 mlあたり細菌数400万個以下である。

## 5 脂肪分と無脂固形分

脂肪分と無脂固形分を配送前と配送後とで比較検討した。配送前のサンプルは、積込み終了後直ちに、タンクローリーはマンホール部分から、ソフトタンクは空気抜き穴部分からサンプリングした。これらの配送前サンプルの成分分析は盛岡家畜保健衛生所が、また配送後は生乳受け入れメーカーである森乳業がそれぞれ、所有するミルコスキャン（Foss社製）で分析した。尚、いずれも、(株)日本乳業技術協会から購入した乳成分測定器用校正試料乳（脂肪含量の違う3種類）で定期的に校正を行っているため、両者のクロスチェックは行わなかった。

## 結果と考察

### 1 洗浄後容器の清浄度

現在、生乳を生産地の集荷冷却施設から加工工場まで輸送する場合、安全輸送の観点から、そのほとんどはタンクローリー輸送となっている。生乳輸送用タンクローリーの場合は更に、輸送中の乳温上昇を避けるための断熱加工が施されている上、生乳自体も、タンクローリー積込み前に2℃程度にまで冷却される。それでも、長距離、長時間の輸送となった場合には乳温が徐々に上昇するため、微生物の増殖が懸念される。菌数が増加して加工工場側の受け入れ品質基準に合致しない場合は廃棄処分されることになるが、それらの実態については不明である。

配送後の生乳中の菌数は、生乳の初発菌数と容器の洗浄度によって結果が大きく左右されると考えられる。そこでまず、生乳積込み直前のタンクローリーとソフトタンクの容器内部の洗浄度を、タンパク質残留量と残存菌数を簡易キットで調べることで比較検討した。

タンパク質残留量については、市販のタンパク質簡易検出キットで調べた。その結果、タンクローリー・ソフトタンク共に、5回の配送試験の全ての検査部位を通じて適正値のレベル1（タンパク質100 µg以下/拭き取り）であった。このことから、容器の洗浄は適切に行われているものと考えられる。

次に、洗浄後容器に残留している生菌数を、ATP量

を指標として測定する市販の簡易検出キットで調査した。その結果、タンクローリーでは測定値が不安定でかつ高値を記録する場所がいくつか見られた（Table 1）。すなわち、排出口（J）、空気穴（N）、CIP洗浄配管部分（P）で測定値300以上の値（食品原料として危険性があると判定される）が4回観測され、また、100以上300未満の値も全80サンプル中7件（8.8%）あり、衛生上問題無しとされる100以下の値は全体の86.3%であった。また、タンクローリーの場合、一回目のATP測定では16カ所の測定部位のうち6カ所で高値となったが、試験が繰り返されるにつれ洗浄度が良好になる傾向が見られた。これは、タンクローリー内部の複雑で洗浄しにくい部分の情報が洗浄作業者に十分に伝わっていないことが原因と考えられる。言い換えれば、今回の試験結果はその都度作業者に伝えられたため、洗浄しにくい部分も気を付けて洗浄するようになり、洗浄度が大きく向上したものと推察される。しかしながら、排出口（J）やCIP洗浄配管部分（P）など構造の複雑な部分では、数回にわたり高値が観察されたことから、マニュアルに従い常時3回実施している洗浄作業（CIP洗浄と手洗浄）でも洗浄効果が出ずらいものと思われる。洗浄作業マニュアルの改善が必要と思われる。

一方、ソフトタンクでは300以上の値は無く、100以上300未満の値は全60サンプル中4件（6.7%）、100以下は全体の93.3%であり、測定値が低値で安定していた。ソフトタンクは3日に一度の割合で実際の生乳輸送に使用されており、耐用年数は3年間（もしくは300回）を想定した設計となっている。通常検査で実施している管理データでは、3年間使用したソフトタンクでもATP値は300以下で安定している。これらの結果から、ソフトタンクの清浄度が高い理由は、ソフトタンクの構造が非常に簡単で付属品がないため洗浄しやすいこと、また、洗浄後に実施している高温乾燥ならびに紫外線とオゾンによる殺菌処理（方法に記載）も、菌数の低減に効果を発揮しているためと考えられる。

### 2 輸送中の品温変化

次に、輸送における外気温と乳温の変化を調べるため、タンクローリーとソフトタンクの各所に自記記録温度計をセットし、配送試験を5回実施した。各試験の生乳積載量、輸送中の外気温と乳温の変化をTable 2に示す。岩手県遠野市の遠野コールドセンターから埼玉県行田市の森乳業までは、平均走行距離約600 Km、配送平均時間約19時間であった。タンクローリー積込み直後の品温は平均2.0℃で、ソフトタンクのそれ（平均1.7℃）よりも0.3℃高かった。また、タンクローリー輸送の場合、配送中に品温が1.4～1.8℃上昇し、排出時の品温が3.2～4.0℃であった。一方、ソフトタンクでは品温

Table 1 Evaluation of cleanness tested by Merck HY-LiTE 2 System (ATP detection kit) after washing the inside of each tank for loading raw milk.

Sort of tanks	Parts examined <sup>1)</sup>	Numbers detected by HY-LiTE 2 system in each trucking trial <sup>2)</sup>					Average of parts
		1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	4 <sup>th</sup>	5 <sup>th</sup>	
Tanktruck	A	88	71	42	69	30	60
	B	97	66	46	38	17	53
	C	93	51	42	27	47	52
	D	97	57	44	42	32	54
	E	130	62	43	27	35	59
	F	83	65	36	52	26	52
	G	71	63	39	39	19	46
	H	77	76	44	37	25	52
	I	110	63	59	36	30	60
	J	670	220	550	160	23	325
	K	270	65	42	84	20	96
	L	91	79	43	33	19	53
	M	74	81	42	49	24	54
	N	550	59	44	45	20	144
	O	85	66	59	39	33	56
P	180	260	610	32	25	221	
	Average of trial	173	88	112	51	27	90
Softtank	A	36	35	34	25	130	52
	B	48	48	40	23	40	40
	C	30	290	45	18	28	46
	D	57	180	95	15	33	76
	E	34	72	39	25	35	41
	F	28	50	37	19	24	59
	G	39	68	33	23	28	38
	H	39	52	41	16	30	36
	I	44	61	35	28	24	37
	J	51	95	25	16	54	48
	K	45	58	50	43	29	45
	L	130	48	31	24	30	47
		Average of trial	48	88	42	23	40

<sup>1)</sup> Each alphabet corresponds to the part indicated in Figure 1 for tanktruck and Figure 2 for the Softtank.

<sup>2)</sup> The criterion for judging raw milk (according to the manual of Merck HY-LiTE 2 System): Less than 100 is an acceptance value but more than 300 is disqualified for food use.

Table 2 Actual payload (kg) of raw milk, temperature (°C) of raw milk at the departure and arrival in each trucking trial, and average of outdoor temperature (°C) during the trials.

System of trucking	Items	Trucking trial					Average
		1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	4 <sup>th</sup>	5 <sup>th</sup>	
Tanktruck	Actual payload (kg)	10,000	12,700	11,000	11,000	11,000	
	Temperature of raw milk (°C)						
	departure (D)	2.1	1.8	2.2	2.1	2.0	2.0
	arrival (A)	3.8	3.2	4.0	3.6	3.7	3.7
	difference of D and A	+1.7	+1.4	+1.8	+1.5	+1.7	+1.6
	Average of outdoor temperature (°C) during trucking	21.2	26.3	28.6	25.0	23.9	
Softtank <sup>1)</sup>	Actual payload (kg)	10,000	10,000	11,000	11,000	11,000	
	Temperature of raw milk (°C)						
	departure (D)	2.3	1.8	1.6	1.4	1.6	1.7
	arrival (A)	1.8	1.7	1.6	1.0	1.3	1.5
	difference of D and A	-0.5	-0.1	0.0	-0.4	-0.3	-0.3
	Average of outdoor temperature (°C) during trucking	23.1	25.5	25.8	23.5	22.1	

<sup>1)</sup> Softtank system had set the thermo-controller of the carrier at -5°C constant during the trials.

Table 3 Difference of tanktruck and the Softtank systems on the changes of temperature at upper, middle, and lower position (inside of the containers) during trucking.

System of trucking	Sensor position	Sampling time	Trucking trial					Average $\pm$ S.D.
			1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	4 <sup>th</sup>	5 <sup>th</sup>	
Tanktruck	Upper	Departure	2.2	2.0	2.6	2.3	2.2	2.26 $\pm$ 0.22
		Arrival	3.8	3.1	3.9	3.5	3.3	3.52 $\pm$ 0.33
		Difference (A-D)	1.6	1.1	1.3	1.2	1.1	1.26 $\pm$ 0.21
	Middle	Departure	2.1	1.9	2.5	2.3	2.2	2.20 $\pm$ 0.22
		Arrival	3.7	3.1	3.9	3.4	3.3	3.48 $\pm$ 0.32
		Difference (A-D)	1.6	1.2	1.4	1.1	1.1	1.28 $\pm$ 0.22
	Lower	Departure	2.0	1.9	2.5	2.3	2.1	2.16 $\pm$ 0.24
		Arrival	3.6	3.1	3.8	3.4	3.2	3.42 $\pm$ 0.29
		Difference (A-D)	1.6	1.2	1.3	1.1	1.1	1.26 $\pm$ 0.21
Softtank	Upper	Departure	2.1	1.9	1.9	1.3	1.8	1.80 $\pm$ 0.30
		Arrival	1.6	1.5	1.1	0.8	0.1	1.02 $\pm$ 0.61
		Difference (A-D)	-0.5	-0.4	-0.8	-0.5	-1.7	-0.78 $\pm$ 0.54
	Middle	Departure	2.2	1.9	1.7	1.1	1.6	1.70 $\pm$ 0.41
		Arrival	1.5	1.6	1.5	1	1.1	1.34 $\pm$ 0.27
		Difference (A-D)	-0.7	-0.3	-0.2	-0.1	-0.5	-0.36 $\pm$ 0.24
	Lower	Departure	2.4	2.0	1.9	1.3	1.6	1.84 $\pm$ 0.42
		Arrival	0.5	1.8	1.8	-0.2	0.8	0.94 $\pm$ 0.86
		Difference (A-D)	-1.9	-0.2	-0.1	-1.5	-0.8	-0.90 $\pm$ 0.79

上昇は無く、むしろ低下し、積み込み時1.4~2.3℃の乳温が排出時には1.0~1.8℃となっていた。発着時の温度差は-0.5~0℃であった。

タンク内部の上・中・下段に自記温度計を設置し、輸送中のタンク内部温度のバラツキも同時に調べた。その結果 (Table 3), タンクローリーでは、上部の品温が上昇しやすい傾向が見られた。しかし、中部、下部との差はごくわずかであること、温度上昇はするもののバラツキは少ないことから、タンクローリーでは、上からの日射による影響が上部品温の上昇に関与しているものと考えられる。一方、ソフトタンクでは、上部と下部での温度低下が著しく、しかも温度分布の大きなバラツキが観察された。温度分布のバラツキが大きい原因として、冷凍庫内の温度制御方法の問題が考えられる。すなわち、庫内温度はインバーター制御により-5℃ (一定) にセットされているが、送風機の設置されている上部と、風が循環して回り込む下部では生乳が冷却されるのに対し、構造上ソフトタンクと冷凍庫内壁とが密着し風が当たらない中段部分は、冷却されにくかったものと考えられる。

各配送試験における車外平均気温と発着時の品温差の関係を調べた結果、タンクローリーの場合は両者の間に相関関係は見いだせなかったが、ソフトタンクでは外気温の変化に伴う品温変化が観察され、外気温の低下に伴い品温も低下した (Figure 3)。

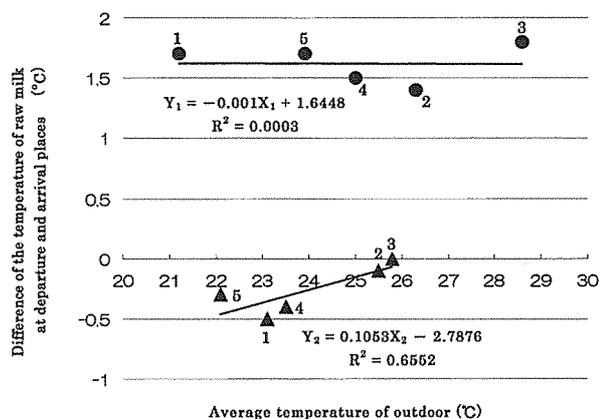


Fig. 3 Relationship between the average of outdoor temperature during trucking trial and the difference of the temperature of raw milk at departure and arrival places.

●, tanktruck; ▲, the Softtank. Numbers indicated in the symbols (1, 2, 3, 4, and 5) correspond to the trial numbers of trucking tests. The coefficient of correlations of the functions  $Y_1$  for tanktruck and  $Y_2$  for the Softtank are shown as  $R^2$ .

タンクローリーの積み込み直後の品温 (平均2.0℃) がソフトタンクのそれ (平均1.7℃) よりも0.3℃高かった原因は、タンクローリーの洗浄作業との関係から推定できる。生乳積み込み直前に行うタンクローリー内部のCIP洗浄により、タンク内部は60~80℃の温水で洗浄され

る。その後、人が入って洗浄作業するためタンク内部の温度は下がるが、強制的に冷却することはない。この結果、冷却生乳の品温が、若干（約0.3℃）ではあるが上昇するものと考えられる。

タンクローリーは断熱性が高く、外気温との温度差が16.5℃ある場合に18時間後の温度上昇が1.1℃以下に保たれるよう設計されている<sup>10)</sup>。しかしながら、今回の配送試験では、タンクローリー輸送の場合、乳温上昇と外気温とに相関関係が見られなかった。そこで、タンクローリー輸送における乳温上昇の要因を考察した。タンクローリー配送試験の第2回目は、発着時の品温変化が+1.4℃と小さい値であった。Table 2に、各配送試験で積込んだ生乳積載量を示す。タンクローリーの2回目配送のみ、12トン以上の過積載を行っている。タンクローリーの法定積載限度量は12トンであるが、タンク容量は生乳（比重約1.03）12トン分以上ある。積載量が少ない場合は、タンク上部のヘッドスペースが大きくなり、空気と生乳の比熱の違いにより、タンク上部は外部温度の影響を受けやすくなるものと考えられる。今回の結果から、タンクローリーで見られる乳温上昇は、外気温そのものの影響よりも、強い直射日光によりタンク上部の温度が上昇することで、特に積載量が少ない場合に引き起こされることが示唆された。

乳温を0℃に保った場合の貯乳期間は、5℃の場合の2倍に延長できることが報告されている<sup>11)</sup>。今回の輸送試験中の生乳温度はタンクローリーで2～4℃、ソフトタンクで1～2℃であった。ソフトタンクの場合は外気温の低下に伴う品温低下が観察されたことから、車両の冷凍機の設定温度によっては、外気温の低下に伴う凍結なども懸念される。しかしながら、冷凍機の設定温度を外気温に合わせて随時変更したり、あるいは乳温を一定に保つためのインバーター制御技術の開発など、ソフトタンクの乳温制御精度を向上させることにより、東北・北海道から関西方面への1000 Kmを超える長距離輸送やフェリー輸送などの長時間配送も可能になると考えられる。

### 3 菌数の変化

ソフトタンクの場合、乳温の上昇を抑えることができることから、菌数の変化にも影響を与える可能性が考えられる。そこで次に、配送前後の菌数変化を調べた。

遠野コールドセンター（出荷）並びに森乳業（入荷）における通常業務の乳質検査の一環として調べられた細菌数測定結果をTable 4に示す。出荷と入荷での菌数の差は、測定方法に関するクロスチェックを行っていないため、直接の比較はできない。しかし、タンクローリー、ソフトタンクのいずれも、乳等省令による生乳の規格基準（1 mlあたり400万個以下）を満たしていた。

これらの通常業務とは別に、生乳積み込み時の注入ホースと卸し時の排出ホースに三方コックを取り付け、そこから生乳を経量的に抜き取り、分取したサンプル中の菌数を改良ブリード法で検査した結果をFigure 4に示す。抜き取り初期段階のサンプルで細菌数が多い傾向が見られるうえ、生乳1 ml当たりの細菌数は数千から百数十万個検出される場合があり、通常行われている乳質検査結果（Table 4）よりも数桁多い菌数となった。しかし、タンクローリー、ソフトタンクのいずれの場合も、配送前後での細菌数の明らかな変化（増加あるいは減少）は確認できなかった。

通常検査の値よりも数桁多い菌数が観察され、しかも、初期段階のサンプルで細菌数が多かった原因を考察した。タンクローリーの場合は、Table 1に見られるように、排出コック部分の汚れが比較的多いため、そこに滞留した生乳が外気温の影響を受け増菌した可能性も考えられる。しかし、ソフトタンクの場合は排出コック部分の汚染も無く、また排出コック自体が低温に保たれているため、排出コック部分の汚染だけではこの結果を説明できない。サンプル分取の際に排出ホースにつないだ三方バルブ自体の洗浄が不十分であった可能性もあるが、検鏡用プレパラートの作成条件が現場と違うことなども考えられるため、この結果については再検討する必要がある。

### 4 輸送による乳質変化

生乳輸送の場合、たとえ菌数が増えなくとも、輸送が

Table 4 Number of bacteria in 1 ml of raw milk detected by breed's direct microscopic count method according to the usual quality inspection at the departure and arrival places.

System of trucking	Sampling time	Trucking trial				
		1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	4 <sup>th</sup>	5 <sup>th</sup>
Tanktruck	Departure	3 × 10 <sup>4</sup>				
	Arrival	<1 × 10 <sup>4</sup>				
Softtank	Departure	3 × 10 <sup>4</sup>				
	Arrival	<1 × 10 <sup>4</sup>	<1 × 10 <sup>4</sup>	9 × 10 <sup>4</sup>	3 × 10 <sup>4</sup>	<1 × 10 <sup>4</sup>

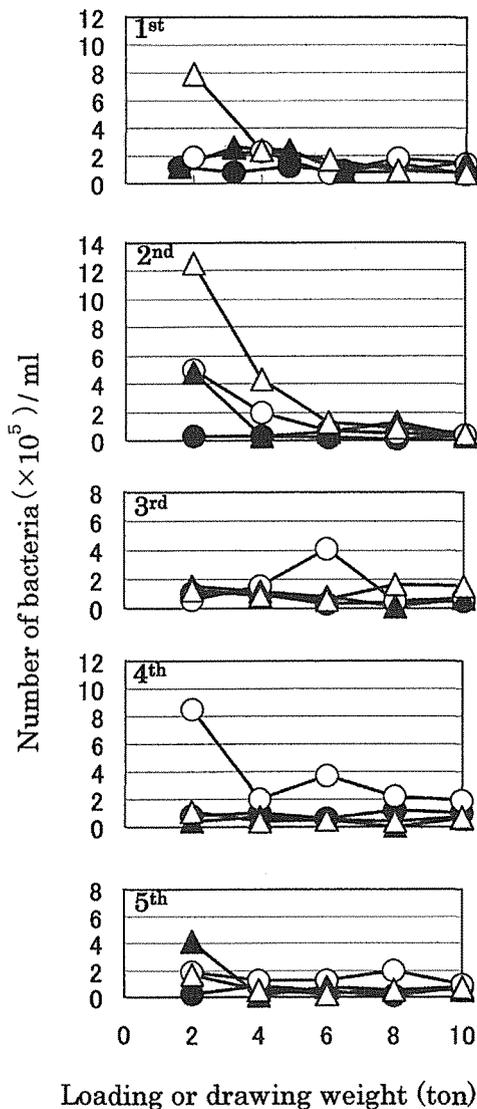


Fig. 4 Changes of the number of bacteria in raw milk samples collected at two ton intervals from the milk transfer hose during the loading at departure and the drawing at arrival. The symbols, 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup>, 3<sup>rd</sup>, 4<sup>th</sup>, and 5<sup>th</sup> at the upper left of each figure indicate the trial numbers of trucking tests. ●, tanktruck at loading; ○, tanktruck at drawing; ▲, the Softtank at loading; △, the Softtank at drawing.

乳質に影響するようであれば、輸送手段としては改善が必要となる。そこで、タンクローリーとソフトタンクでそれぞれ、配送前後の脂肪含量と無脂固形分含量を分析した。輸送の際の条件が多少異なることもあり、統計的な有意差は求められなかったが、タンクローリーでは、輸送により生乳の脂質含量が変化（増加）する傾向が見られた（Table 5）。

生乳中の脂肪球（クリーム）は、輸送中の衝撃が激しいと合一化し、徐々に巨大化して浮上すること（チャーニング現象）が知られている。タンクローリー、ソフト

タンクのいずれも、生乳のサンプリングはタンク上部（マンホール穴もしくは空気抜き穴）で行われたが、タンク内の生乳を攪拌棒で50～60回攪拌してから実施した。それにも関わらずサンプル中の脂肪含量が増加したということは、輸送中の攪拌、衝撃もしくは振動によるチャーニング現象で、巨大脂肪球（クリーム）が一部生じたため、攪拌による均一化が不完全になったためと推察される。

以上の結果は、新しい生乳輸送手段としてのソフトタンクシステムが、衛生面でも品質面でもタンクローリーに劣らない優れたものであることを示している。また、ソフトタンクは取り外してコンパクトに収納することができるため、積み荷の生乳を降ろした後のトラックは通常の冷凍・冷蔵車として利用でき、帰り便で別の荷物を輸送できる。さらに、ソフトタンクを交換することで生乳以外の液体輸送も同じ車両で行うことができるなど、一台の車両を幅広く多目的に使用でき、車両の稼働率を飛躍的に向上できる大きなメリットがある。ソフトタンクの乳温制御精度を向上させることにより、1000 Kmを超える長距離輸送やフェリー輸送などの長時間配送も可能になることが考えられ、物流地域拡大への新たな可能性も秘めている。ただし、ソフトタンク輸送の場合、輸送中の冷却装置可動によるエネルギーコストや、初期投資としての貨物トラックの改造費用、あるいはソフトタンクを繰り返し使用した場合の耐久性能に依存すると考えられるソフトタンクの費用など、タンクローリーとは違った面でコストがかかるものと考えられる。上記のメリットが初期投資やランニングコスト増を上回るかどうかなど、経済性に関する検討と評価が必要であるが、これらについてはここでは論じないことにする。

一方、経済性だけでは評価できない部分もいくつかある。それらのうち最も大きな特徴として、洗浄作業の容易さが挙げられる。タンクローリー内部の洗浄は、基本的にはCIP洗浄で行われるが、構造上どうしても、タンク内に人が入っての手作業での洗浄作業が不可欠である。これは、輸送中に生乳が大きく揺れたり衝撃を受けないよう、タンクローリー内部が数個の小部屋に分かれた複雑な構造となっているためである。CIP洗浄で行き届かない部分は人手で丁寧に実施することになるが、もし洗い残し部分などがあれば、そこが食品衛生上の危害発生要因となりかねないため、実際にそれを担当している作業員（タンクローリーの運転手であることが多い）は、大変な苦勞を強いられている。タンク内部の洗浄が苦痛（腰痛持ちの人はこの作業が困難）でこの仕事を敬遠することもあると聞いている。ところがソフトタンクシステムの場合、ソフトタンクを車両本体から取り外せるため、専門の作業員が半自動化された洗浄機で洗浄で

Table 5 Difference of tanktruck and the Softtank systems on the changes of fat and non-fat solid contents (%) of raw milk during trucking.

Items	System of trucking	Sampling time	Trucking trial					Average $\pm$ S.D.
			1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	4 <sup>th</sup>	5 <sup>th</sup>	
Fat (%)	Tanktruck	Departure	3.87	3.81	3.81	3.78	3.83	3.82 $\pm$ 0.03
		Arrival	3.93	4.01	3.94	3.82	3.85	3.91 $\pm$ 0.08
	Softtank	Departure	3.86	3.87	3.81	3.82	3.86	3.84 $\pm$ 0.03
		Arrival	3.90	3.96	3.80	3.84	3.86	3.87 $\pm$ 0.06
Non-fat solid (%)	Tanktruck	Departure	8.55	8.61	8.48	8.48	8.55	8.53 $\pm$ 0.06
		Arrival	8.49	8.53	8.49	8.45	8.52	8.50 $\pm$ 0.03
	Softtank	Departure	8.49	8.65	8.48	8.51	8.54	8.53 $\pm$ 0.07
		Arrival	8.45	8.62	8.52	8.50	8.51	8.52 $\pm$ 0.06

きる。従って、運転手も洗浄作業員も、作業負荷が非常に軽くなる。つらい労働から解放されるという部分はコスト計算からだけでは評価しにくい、衛生面での管理を考えた場合、洗浄作業が楽に実施できる点は非常に重要と思われる。ソフトタンクシステムの優れた特徴の一つと言えよう。

本研究が、生乳生産者側のメリットとなる生乳品質の安定化、作業者の負荷軽減、並びに輸送コストの大幅な削減すなわち牛乳生産畜産農家の所得向上（生乳配送時の費用は生産農家が支払う仕組みとなっているため、生乳生産農家の収入額は、生乳価格から輸送費を差し引いた額である）等につながることを期待したい。

### 要 約

生乳輸送をモデルとして、液体輸送の新しい手段であるソフトタンクシステムと従来法の主流であるタンクローリー輸送について、容器の洗浄度、輸送時の品温、菌数、品質の変化等を比較検討した。平成13年夏、5回の配送試験を実施し（岩手県遠野市から埼玉県行田市へ。平均走行距離600 Km, 平均輸送時間19時間）、以下の結果を得た。

1. ソフトタンクの洗浄度は良好で、洗浄後の容器内の生菌数測定値も低値で安定していたのに対し、タンクローリーの洗浄度は部位によるムラが見られ、洗浄不十分と考えられる部位が観察された。これは、タンクローリー内部の複雑で洗浄しにくい部分についての情報が洗浄作業員に十分に伝わっていないことが原因と考えられた。

2. タンクローリー輸送では輸送により乳温上昇が観察された。乳温上昇と外気温とに相関関係が見られなかったこと、また、タンク上部のヘッドスペースが少ない過積載状態の輸送では乳温上昇が抑えられたことなどから、タンクローリー配送では、外気温よりも、直射日光

によるタンク上部の温度上昇に伴うヘッドスペースの温度上昇が、乳温上昇に大きく影響をあたえることが示唆された。一方、ソフトタンクシステムは輸送中の品温上昇は無かったが、外気温に依存した品温変化が観察された。温度を一定範囲内に制御する工夫が必要と考えられる。

3. いずれの配送においても、菌数の大幅な変化は観察されなかった。

4. タンクローリー輸送では生乳の脂質含量に変化が見られた。これは、輸送中の攪拌、衝撃もしくは振動でチャーニング現象が起こり、巨大脂肪球（クリーム）が生じたためと推察される。ソフトタンク輸送ではこの変化は見られなかった。

これらの結果は、ソフトタンクシステムが、新しい生乳輸送手段として、衛生面と品質面でタンクローリーに劣らない優れたシステムと成り得ることを示している。

### 謝 辞

本研究は、株式会社アサノ通運と岩手大学との共同研究「液体食品の新輸送システム構築に関する食品科学的研究」（平成12～13年度）の一環として行った。調査実施に際し全面的にご協力いただいた、株式会社アサノ通運代表取締役 浅野芳満氏、株式会社エーコープライン代表取締役社長 西村裕興氏、全国農業協同組合連合会岩手県本部 櫻井秀俊氏に深く感謝いたします。

### 参考文献

- 1) 浅野芳満：特許第3374213号（2002）。
- 2) N. Ichikawa, K. Morioka, M. Asano, H. Asano, J. Kudo and T. Ozeki: Taiwan Patent Number 147168 (2002).

- 3) 市川信広・森岡幸逸・浅野芳満・浅野浩正・工藤順一郎・大関得男：特願平11-247709 (1999).
- 4) 市川信広・森岡幸逸・浅野芳満・浅野浩正・工藤順一郎・大関得男：特願平11-282033 (1999).
- 5) 市川信広・浅野芳満：特願2002-359853 (2002).
- 6) N. Ichikawa, K. Morioka, M. Asano, H. Asano, J. Kudo and T. Ozeki: Patent Application Number of USA 2000652156, Canada 2002316725, Europe Union 200000307573.6, Argentina 2000000104566, Brazil 20000004023, China 200000126494.X, and Korea 200051671/2000 (2000).
- 7) N. Ichikawa, K. Morioka, M. Asano, H. Asano, J. Kudo and T. Ozeki: US Patent Application Number 2002231002 (2002).
- 8) N. Ichikawa, K. Morioka, M. Asano, H. Asano, J. Kudo and T. Ozeki: US Patent Application Number 2002231263 (2002).
- 9) 荒井威吉・板橋一男：日畜会報, **59**, 376-378 (1988).
- 10) 足立 達・伊藤徹敏：乳とその加工, p. 165-177. 建帛社. 東京 (1987).
- 11) 矢野信禮・森地敏樹・見坊 寛：畜産試験場報告, **28**, 41-45 (1974).