

#### 4-2. 手順

今回の実証調査（第二段階）は、2月1,2日の両日に渡り、以下の手順で食肉加工センターから2方面、店舗A：約90km、店舗B：約85kmの2店舗を対象に行った。

##### 1) 温度履歴測定対象経路

大手大規模小売店であるC社の食肉加工センター（以降センターと略）から店舗A、店舗Bまで、定常的に行われている生鮮食品等の輸送経路であるセンターから一般道、高速道、一般道を経て店舗までを温度履歴測定対象経路とした。

##### 2) 配送トラック

輸送には定常的に行われている保冷室付トラックを用いたが、当日のトラックの最大積載量は店舗A向けが11トン、店舗B向けは同4トンであった。

##### 3) 対象商品

センター内で加工された牛ブロック肉（平均的な大きさ10×6×5cm、重量約300g）と牛スライス肉（平均的な大きさ20×6×0.2cm、重量約200g）を、それぞれ発泡スチロールトレイに入れラップされた食肉を（以下「商品」）を対象とした。

##### 4) 商品の仕分けから店舗到着までの手順

加工室から行き先別バーコード表示されたプラスチックコンテナ（三甲株式会社製プラスチックコンテナ）に商品が入れられ、コンベヤによって仕分場に送られる。仕分場では、仕向け先店舗ごとに魚介類などの他商品を一旦平積みし、最後に行き先別バーコード表示された保冷カーゴにプラスチックコンテナごと積み込む。保冷カーゴは断熱性シートで囲い、配送時はチャックを閉じる。図4-1に、センターからトラックで店舗に搬送される商品の流れ、及びそれら商品へのセンサー取り付け、回収タイミングをフローチャートで示した。また、図4-2には、本実証試験において対象商品が搬送される様子を写真で示した。

センターにおける商品の仕分けから、各店舗への輸送陳列までの流れを図4-1に示す。

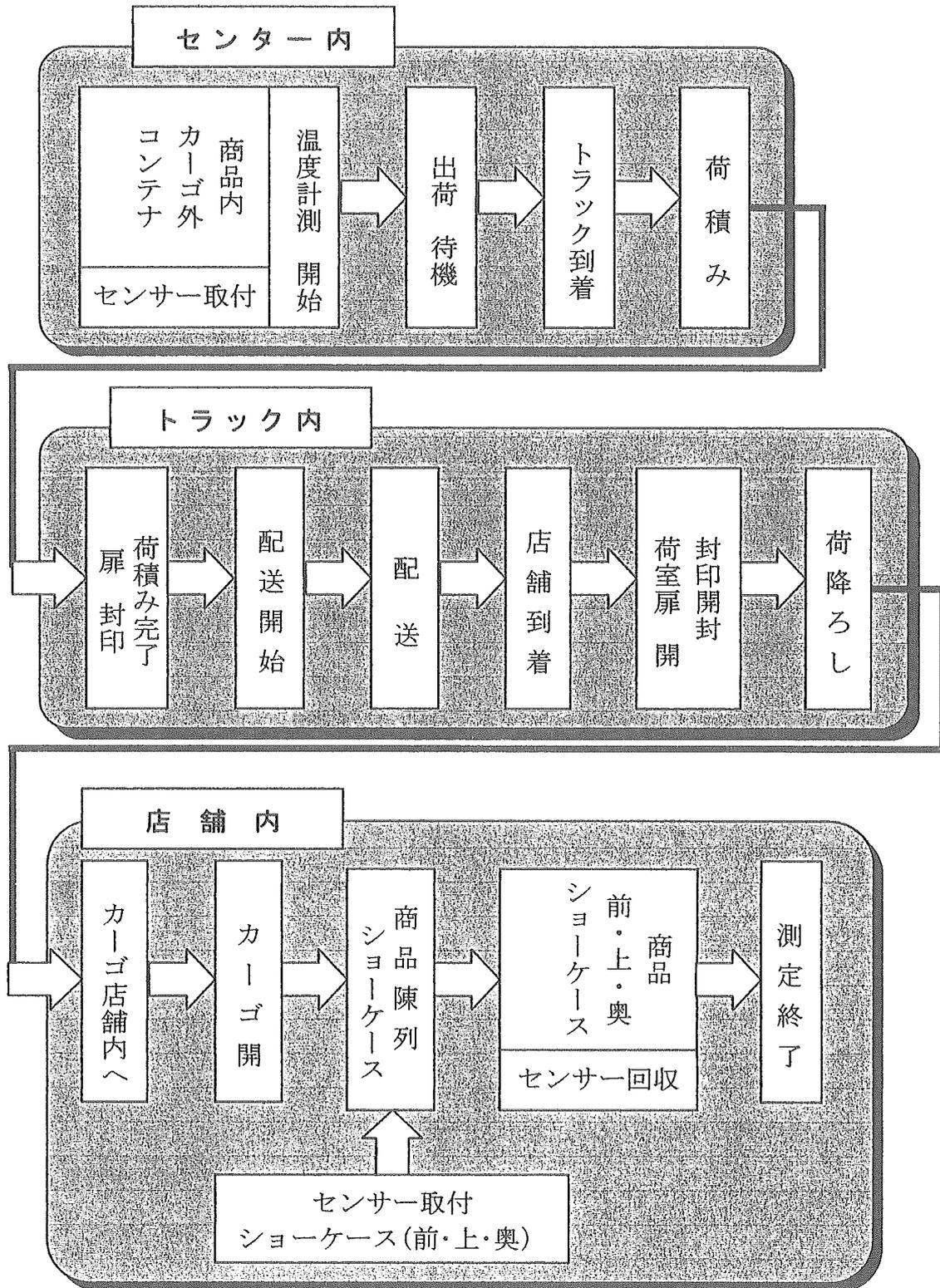
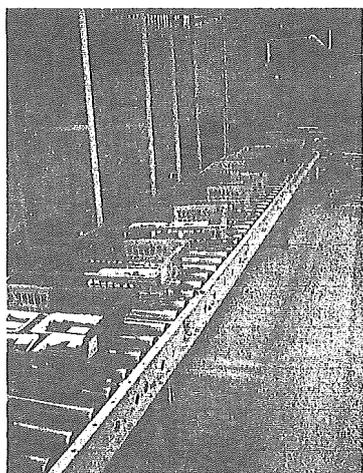
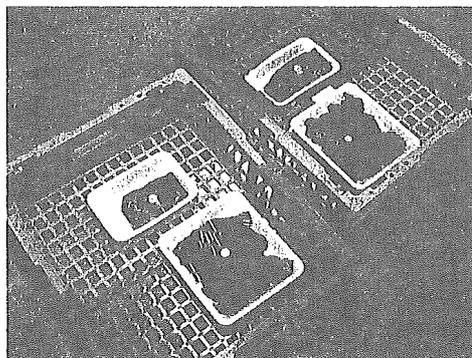


図4-1 実証調査手順

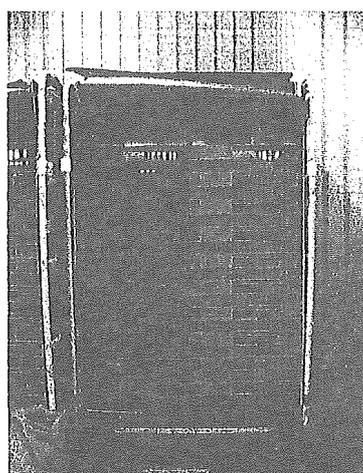
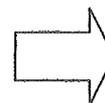
図 4 - 2 実証試験の様子



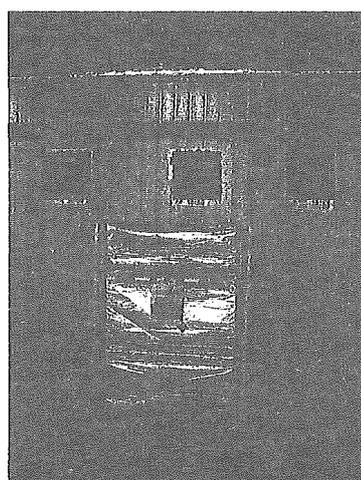
加工室からコンベヤで仕分室に送られるプラスチックコンテナ



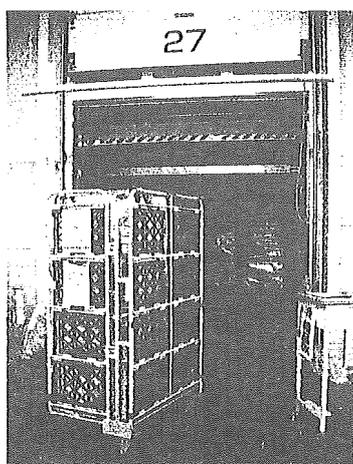
センサーを取り付けた商品



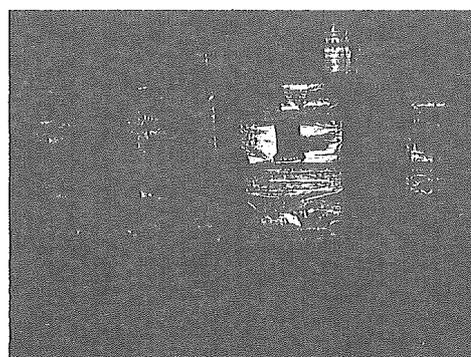
保冷カーゴに収納されたプラスチックコンテナ



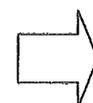
保冷トラック積載まで保管される保冷カーゴ

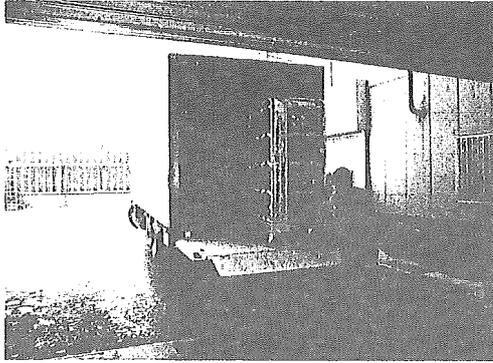


トラックに積み込まれる保冷カーゴ



トラックに積み込まれた保冷カーゴ(右側)

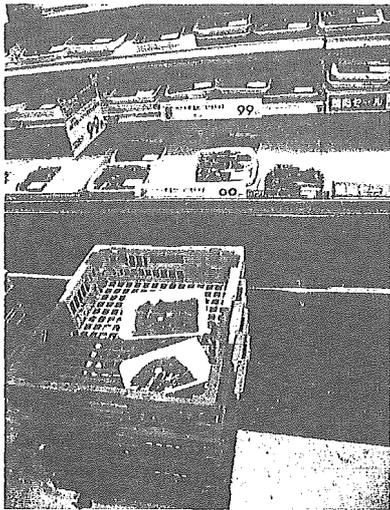
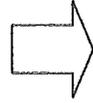




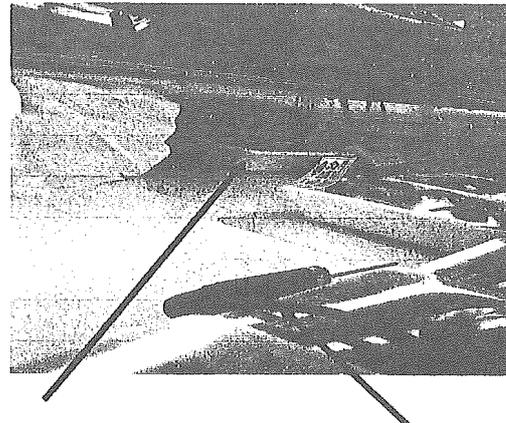
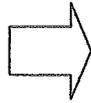
店舗に到着したトラックより  
おろされる保冷カーゴ(店舗B)



店内に運び込まれた保冷カーゴ(店舗B)

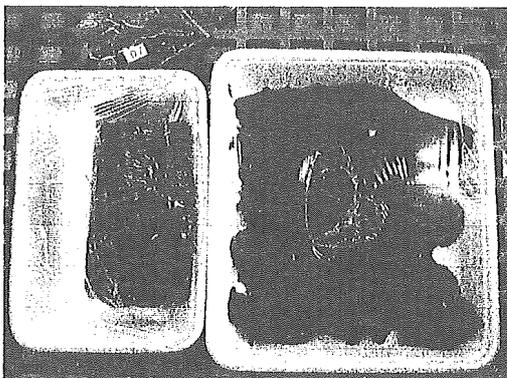


陳列を待つ商品(店舗B)



冷蔵ショーケース奥に  
置かれたセンサーを  
取り付けた商品  
(店舗A)

温度計  
センサーは奥に設置



センサーを取り外した商品

## 5) ICチップ内蔵温度センサー（以降センサー）の取り付けと回収およびデータ蓄積

### ・商品へのセンサー取り付けと回収

加工室から仕分場に到着した商品に、以下の方法でセンサーを取り付けた。牛ブロック肉では、ラップを開封し肉の中央付近をカッターで切り開きセンサーを一つ埋め込んだ。もう一つのセンサーを肉の上部中央付近に設置し、再度トレイに入れラップで密閉した。牛スライス肉は、ラップを開封しセンサーを肉中央付近に設置して再度ラップで密閉した。（図4-3、4-4、4-5、4-6）

センサーは、商品を店舗内冷蔵ショーケースの奥に3時間陳列したのち、回収した。

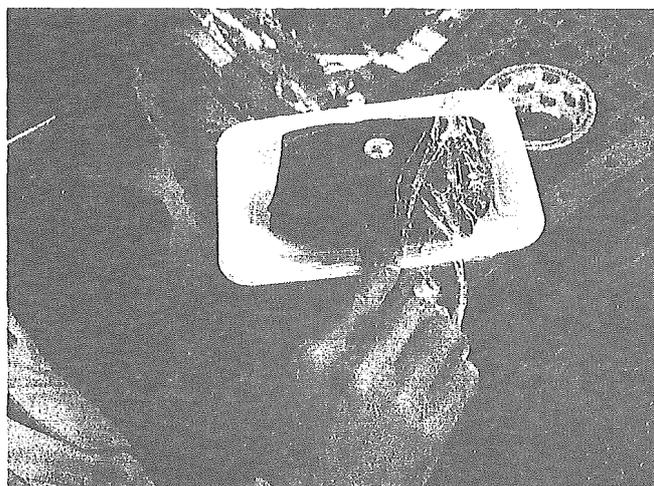


図4-3

牛ブロック肉(約300g)の中心部付近をカッターで切り開く。



図4-4

切り開いた牛ブロック肉中心部付近にセンサーをセットする。

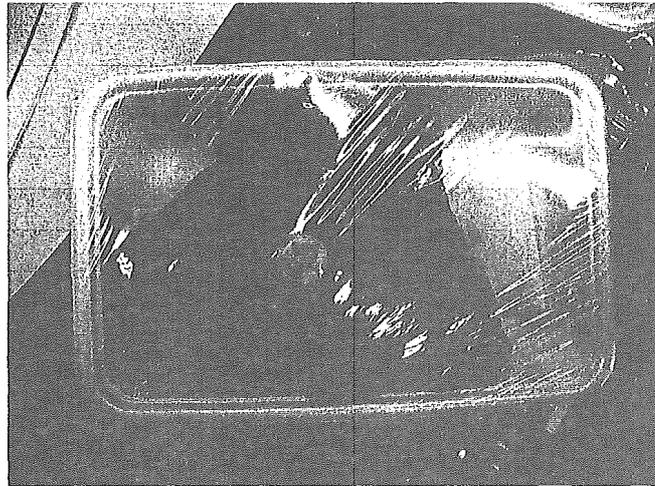


図4-5

牛ブロック肉(約300g)の上部中央付近にセンサーを取り付け、再びラップで包装。

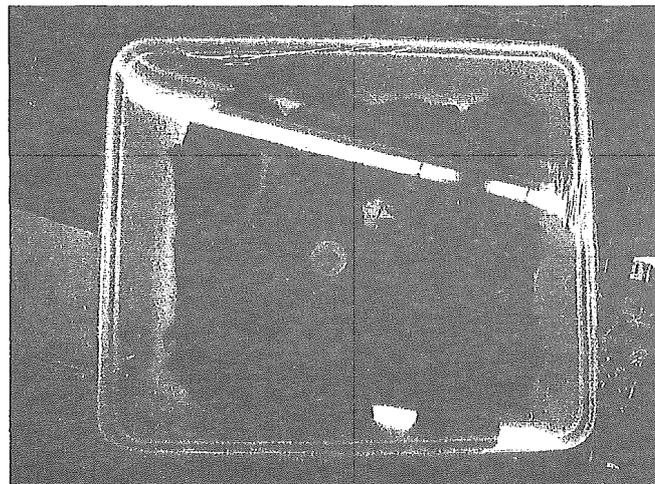


図4-6

牛スライス肉(約 200g)の上部中央付近にセンサーを取り付けた。

・保冷カーゴ内へのセンサー取り付けと回収

保冷カーゴ内にプラスチックコンテナを積み上げ、向かって右側下から5段目のコンテナに商品とセンサーを設置した。保冷カーゴ内用センサーは、保冷カーゴが店舗内に引き込まれ断熱シートが開封された後回収した。(図4-7)

- ・保冷カーゴ外へのセンサー取り付けと回収

保冷カーゴに向かって右側の地上から 1.5m 付近の側面に、センサーをガムテープで貼付した。保冷カーゴが店内に引き込まれ、断熱シートが開封された後センサーを回収した。(図4-8)

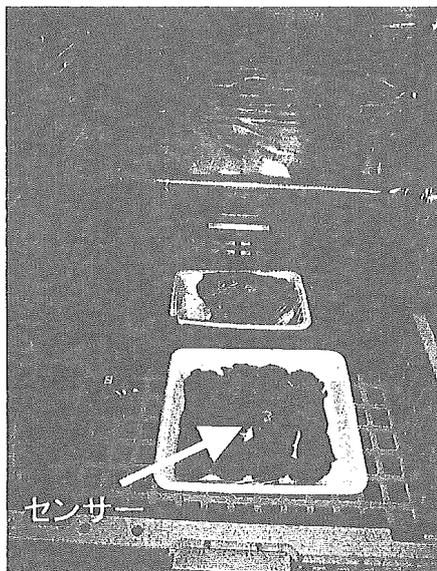


図4-7

商品をサンテナに置き、その脇にセンサーを設置

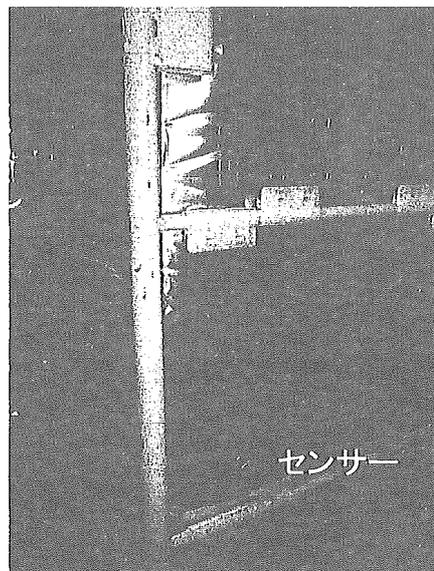


図4-8

センサーを保冷カーゴ外部右側にガムテープで取り付け

- ・冷蔵ショーケースへのセンサーの取り付けと回収

配送先店舗の冷蔵ショーケースにセンサー3個を取り付けた。取り付け位置は、ショーケース上部の冷氣吹き出し口、ショーケース手前冷氣吸い込み口およびショーケース奥とした。(図4-9、4-10、4-11、4-12)

センサー取り付け商品をショーケースに陳列後3時間目に実証試験を終了し、センサーを回収した。

- ・測定終了後、各センサーのデータをPC内に蓄積した

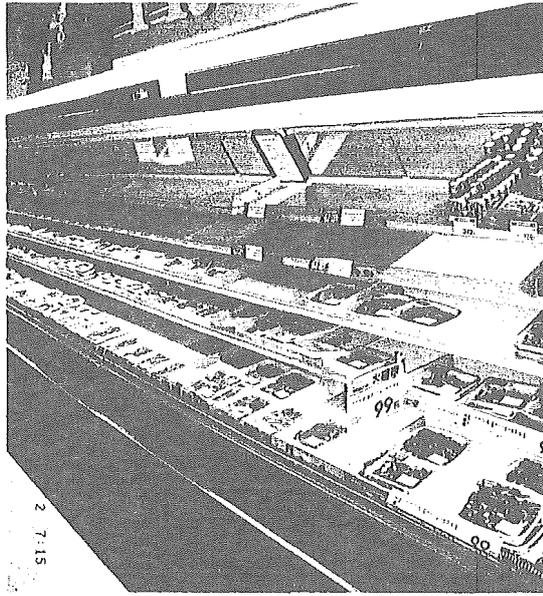


図4-9  
センサーを設置した冷蔵ショーケース。(店舗B)

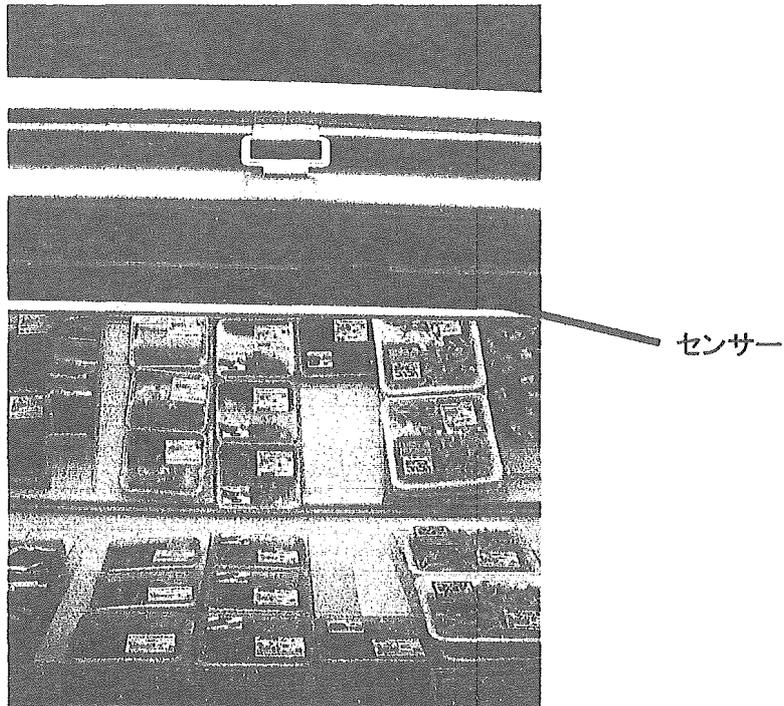


図4-10  
冷蔵ショーケース上部冷気吹き出し口にセットされたセンサー。

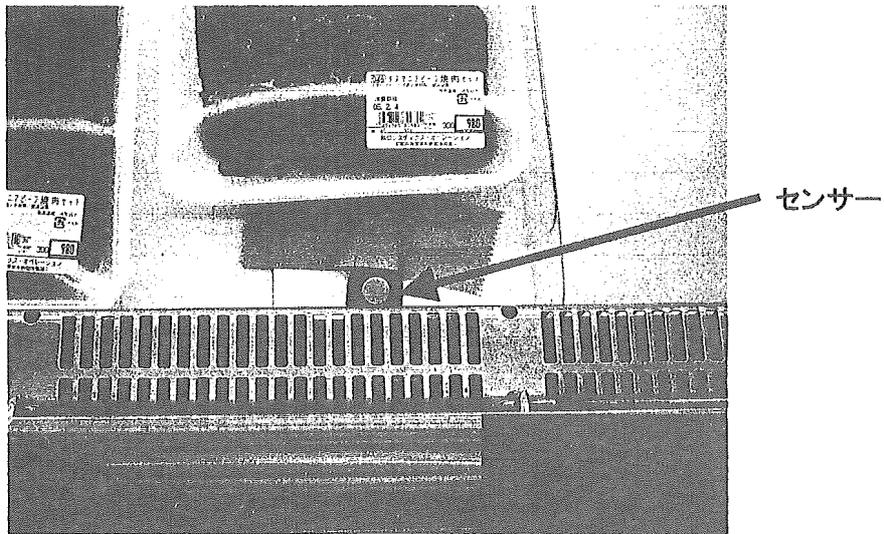


図4-11

冷蔵ショーケース手前冷氣吸い込み口にセットされたセンサー。

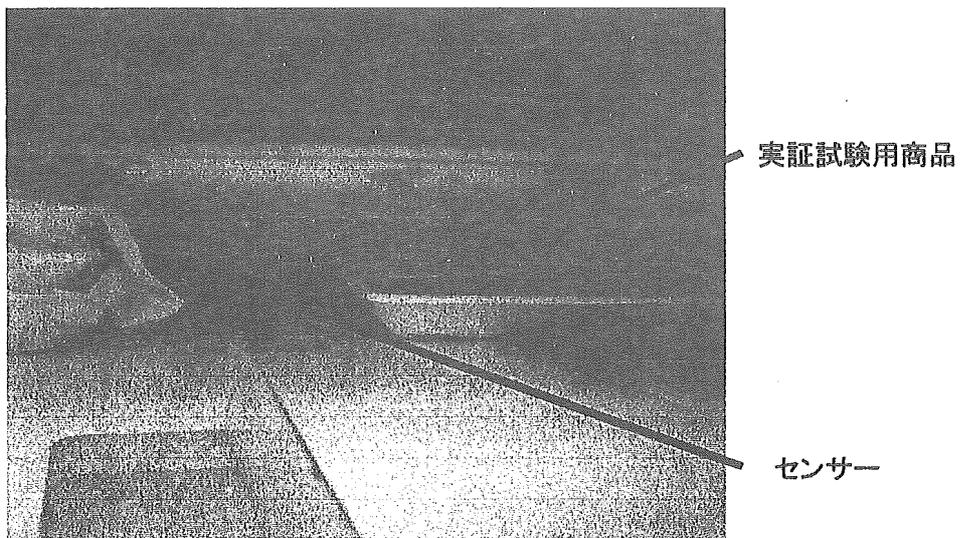


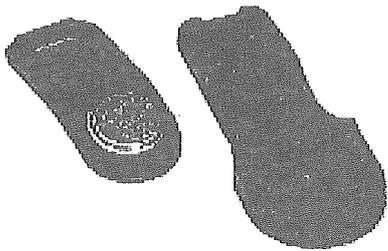
図4-12

冷蔵ショーケース奥にセットされたセンサーと、実証試験商品。

#### 4-3. 使用センサー

1) メーカー：三洋電機株式会社

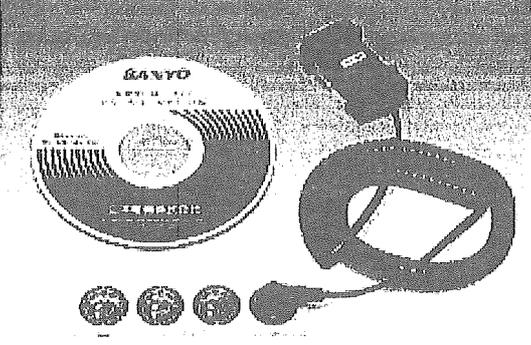
2) センサー寸法及び仕様

写 真	
外形寸法	直径 17.35mm×厚さ 5.89mm
電 源	電池内蔵式 (温度測定回数：50 万回)
測定範囲	-40℃～+50℃
測定精度	-20℃～+50℃：±1℃ -40℃～-20℃：±2℃
測定分解能	0.5℃
測定間隔	1分～255分
測定点数	1点
記録データ	温度履歴・温度分布・温度警報履歴・簡易メモ
質 量	3.3g
希望価格	7,600 円 (税別)

3) 測定間隔による測定期間の目安

測定間隔	測定期間
1 分間隔	1 日半
3 分間隔	4 日
5 分間隔	7 日
10 分間隔	14 日
30 分間隔	42 日
60 分間隔	85 日
...	
4 時間 15 分間隔	約 1 年

4) 読取装置の仕様

<p>写 真</p>	
<p>外形寸法</p>	<p>センサーセット部：108mm×25mm×7mm ケーブル長：600mm</p>
<p>通信方式</p>	<p>RS232C (D-SUB9 ピン PC側オス)</p>
<p>解析ソフトウェア</p>	<p>PCデータ解析用</p>
<p>動作環境OS</p>	<p>Microsoft Windows 95/98/Me/NT/2000/Xp 日本語版</p>
<p>機能</p>	<p>測定開始設定・データ読出し・警報確認 温度警告履歴</p>
<p>データ保存方式</p>	<p>専用ファイル形式、CSV (テキストファイル) 形式</p>
<p>質量</p>	<p>84g (CD-ROMは除く)</p>
<p>希望価格</p>	<p>39,000円 (税別)</p>

#### 4-4. 結果分析の方法

##### 1) センサー設定

センサーは、1 分間隔で測定するよう設定し、スタート時刻から各センサーの測定終了時点まで測定した。

ID		設置場所	スタート	間隔	備考
254000	0413A8	Z1 室温(20℃帯)予備測定用(室内)	2005/1/14 9:00	10分	2005/1/13 C社PCへ発送
		Z2 店舗A ショーケース上部	2005/2/2/ 3:00	1分	
254000	0407A8	Z3 室温(20℃帯)予備測定用(戸外)	2005/1/14 9:00	10分	2005/1/13 C社PCへ発送
		Z4 店舗A ショーケース下部	2005/2/2/ 3:00	1分	
254000	03FAE0	E1 スライス表面(カーゴ内、トラック)	2005/2/1 12:00	1分	グループ E :トラック配送(A店)
254000	04326D	E2 ブロック表面(カーゴ内、トラック)	2005/2/1 12:00	1分	2/2 4:00~
254000	03F26C	E3 ブロック中央(カーゴ内、トラック)	2005/2/1 12:00	1分	
254000	040E92	E4 カーゴ内(プラスチックコンテナ)、 トラック	2005/2/1 12:00	1分	
254000	04386A	E5 カーゴ外、トラック	2005/2/1 12:00	1分	
254000	042DF1	E6 スライス表面(カーゴ内、トラック)	2005/2/1 12:00	1分	グループ F :トラック配送(B店)
254000	03F029	E7 ブロック表面(カーゴ内、トラック)	2005/2/1 12:00	1分	2/2 4:00~
254000	041BD8	E8 ブロック中央(カーゴ内、トラック)	2005/2/1 12:00	1分	
254000	03F17E	E9 カーゴ内(プラスチックコンテナ)、 トラック	2005/2/1 12:00	1分	
254000	041D86	E10 カーゴ外、トラック	2005/2/1 12:00	1分	
254000	041284	X1 店舗A ショーケース下奥	2005/2/2/ 3:00	1分	
254000	03F980	X2 店舗B ショーケース上部	2005/2/2/ 3:00	1分	
254000	03F9B3	X3 店舗B ショーケース下部	2005/2/2/ 3:00	1分	
254000	0401B4	X4 店舗B ショーケース下奥	2005/2/2/ 3:00	1分	

※温度センサースタート時刻は、測定開始より1時間前とした。

## 2) 結果分析の方法

温度履歴測定結果は、以下の条件で分析を行い、4-4 考察にて、分析結果を述べる。

### ① 全データ結果：各方面別、全データグラフ作成

店舗A, Bの各方面別に、各8個合計16個のセンサーについて、計測スタート時刻から保冷カーゴ搬送、店舗へ搬入、保冷カーゴ開封、商品陳列（冷蔵ショーケース）、陳列終了までの全データをグラフ化し、追跡時の作業記録のコメントを入れ、分析を行った。

## 2) グラフデータへのコメント

### ① 天候と温度 全データより

温度履歴の測定実験は、2月1日昼から2日早朝にかけて行った。天候は、1日昼から夕刻にかけてセンター付近は、曇り時々雪であったが、雪が積もるほどではなかった。

2日早朝のトラック搬送中の天候は、店舗Aルートは途中から吹雪となり、外気温は氷点下以下であった。店舗到着後も、積雪が続いた。店舗Bルートは途中雪模様であったが、到着時には晴れていた。

### ② センター内における保冷カーゴ内外温度及び商品温度

センターで加工されたパック詰め食肉は、仕向け先店舗別にプラスチックコンテナに詰められ、コンベヤにて仕分場に自動搬送された。

加工室の温度設定は12℃であり、食肉の加工にはおおよそ30分要する。加工後、仕分場にコンベアーで搬送されるが、仕分場の温度設定は0℃となっている。保冷カーゴ外のセンサーによると、仕分場の室温は $1 \pm 0.5$ ℃であった。

プラスチックコンテナは保冷カーゴに積載され、2月1日午後0時30分頃より0℃帯で保管された。0℃帯に保管されているときの保冷カーゴ外側の温度は、3.5時間周期で0~2.5℃の範囲を変動していた。このとき保冷カーゴ内の温度は0~0.5℃付近に保たれていた。一方、ブロック肉の表面及び中心温度は、保管直後はいずれも2~3℃であったが、9時間後にはともに0~1℃となり、以降この範囲で安定していた。スライス肉は保管1時間後には0.5~1℃となり、以降この温度で安定していた。

店舗A向け保冷カーゴは、2月2日午前3時20分に0℃帯から15℃帯に移動され、約1時間15分間ここに保管された。保冷カーゴ外側センサーの記録によると、15℃帯の温度は5～6℃であった。冬季においては、設定温度に達していないことが分かった。このとき保冷カーゴ内温度は、0.5℃から徐々に上昇し2℃になっていた。商品温度は、スライス肉表面、ブロック肉表面でいずれも0.5度の上昇が観察されたが、ブロック肉中心では変化がなかった。2月2日午前4時35分にトラックへの積み込みが完了した。

一方、店舗B向けは15℃帯で保管することなく2月2日午前5時20分保冷車への積み込みが完了した。

### ③ トラック荷室、保冷カーゴ内および商品温度

輸送中のトラック荷室内の温度は、保冷カーゴ外側センサーにより各ルートとも3.5℃に保たれていることが確認された。保冷カーゴ内の温度は搬送中に店舗Aは1度、Bは1.5度上昇した。このとき商品温度は、スライス肉表面はいずれの店舗向けも2度上昇し、ブロック肉は表面、中心部ともに1度上昇した。

### ④ 荷降ろしから店舗搬入、陳列までの温度

店舗A向け保冷カーゴは2月2日午前7時10分に店舗に到着し、店舗搬入後30分間放置された。店舗搬入により、保冷カーゴ外側センサーの温度は3℃から8℃に上昇した。この間保冷カーゴの扉は閉じたままであった。保冷カーゴ内の温度は、3℃から3.5℃に0.5度上昇した。一方、スライス肉表面温度は3℃を保っていたが、ブロック肉表面及び中心温度は2℃から2.5℃に変化した。

店舗B向け保冷カーゴは2月2日午前7時30分店舗に到着し、店舗に搬入され、同7時40分に保冷カーゴ扉が開かれた。商品は、約1時間冷蔵ショーケース前に放置された。この間、プラスチックコンテナにセットされたセンサーの温度は2.5℃から7℃に上昇した。一方、商品温度は、ブロック肉表面温度は2℃から4℃に、中心温度は1.5℃から3℃に上昇した。スライス肉表面温度は、2.5℃から6.5℃に上昇した。

### ⑤ 陳列時の商品温度及び冷蔵ショーケース温度

店舗Aでは、午前7時52分より冷蔵ショーケース奥に商品を3時間設置した。同時に、冷蔵ショーケース上部の空気噴出し口、下部

手前の空気吸い込み口及び奥にセンサーを設置した。冷蔵ショーケースの温度は、約 15 分間隔で上昇降下を繰り返していた。その温度範囲は、ショーケース上部で 5℃から 7.5℃の間であったが、午前 9 時 30 分以降徐々に上昇する傾向が見られた。ショーケース下部手前の温度は 2~6℃の範囲で、奥の温度は 1~6℃の範囲でそれぞれ上昇降下を繰り返し、平均するといずれも 3℃の温度であった。

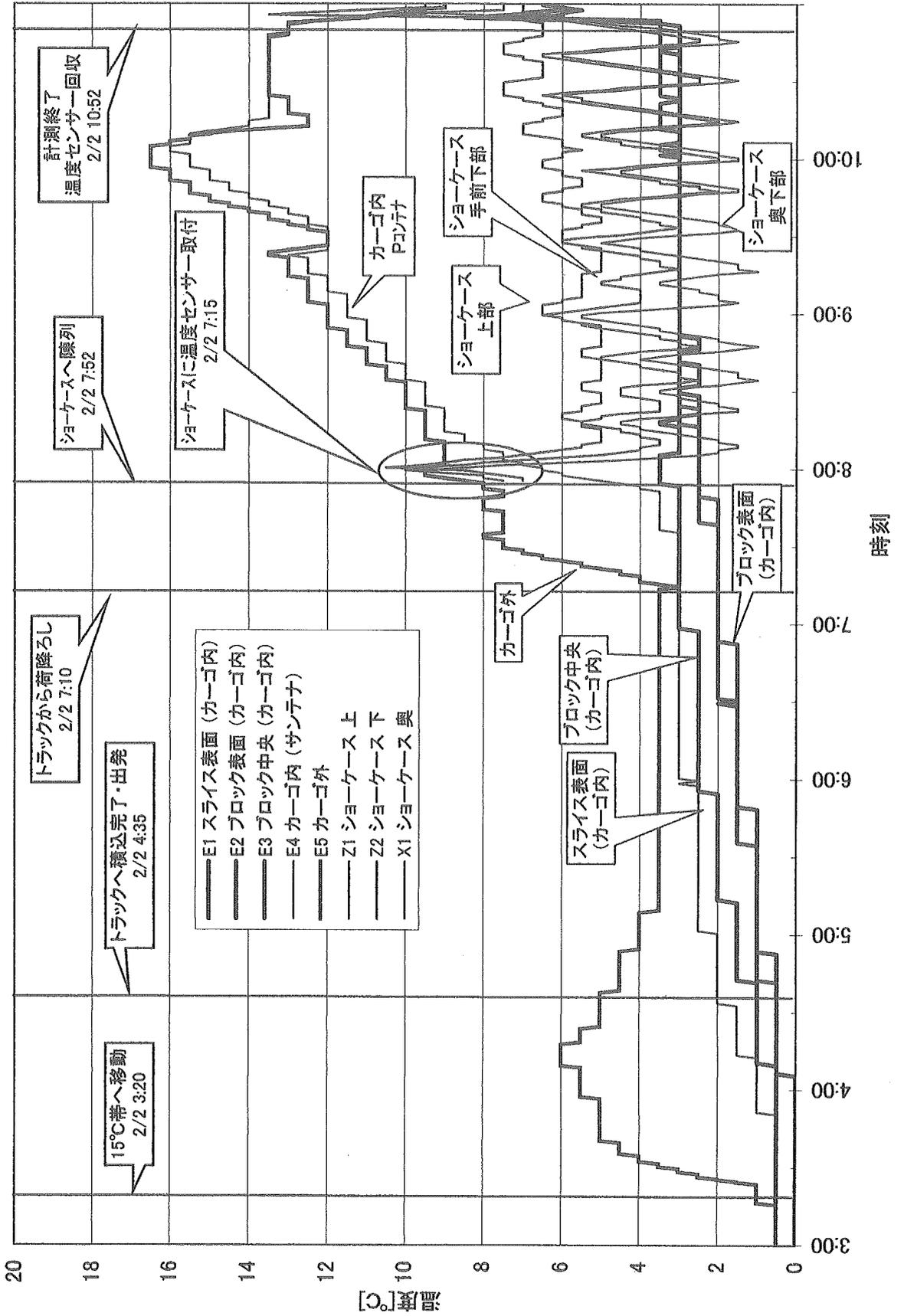
商品温度は、陳列した 3 時間の間いずれの測定点においても、 $3 \pm 0.5$ ℃であった。

一方、店舗 B では 2 月 2 日午前 8 時 45 分より商品を冷蔵ショーケース奥に設置した。店舗 A と同様に冷蔵ショーケースにセンサーを設置した。ショーケースに設置したセンサーはいずれも、約 4 分間隔で温度が上昇降下していた。ショーケース上部の温度は 1.5~2℃の間、同下部手前は -0.5~3℃、同奥は -1.5~0℃の間であった。商品温度は、ブロック表面温度が陳列前に 4℃であったのが 3 時間後には 0.5℃となり、ブロック中心温度は陳列時 3℃から 3.5℃に上昇し以降降下して 3 時間後には 0.5℃となった。スライス肉表面温度は、陳列時の 6.5℃から -0.5℃まで下がった。

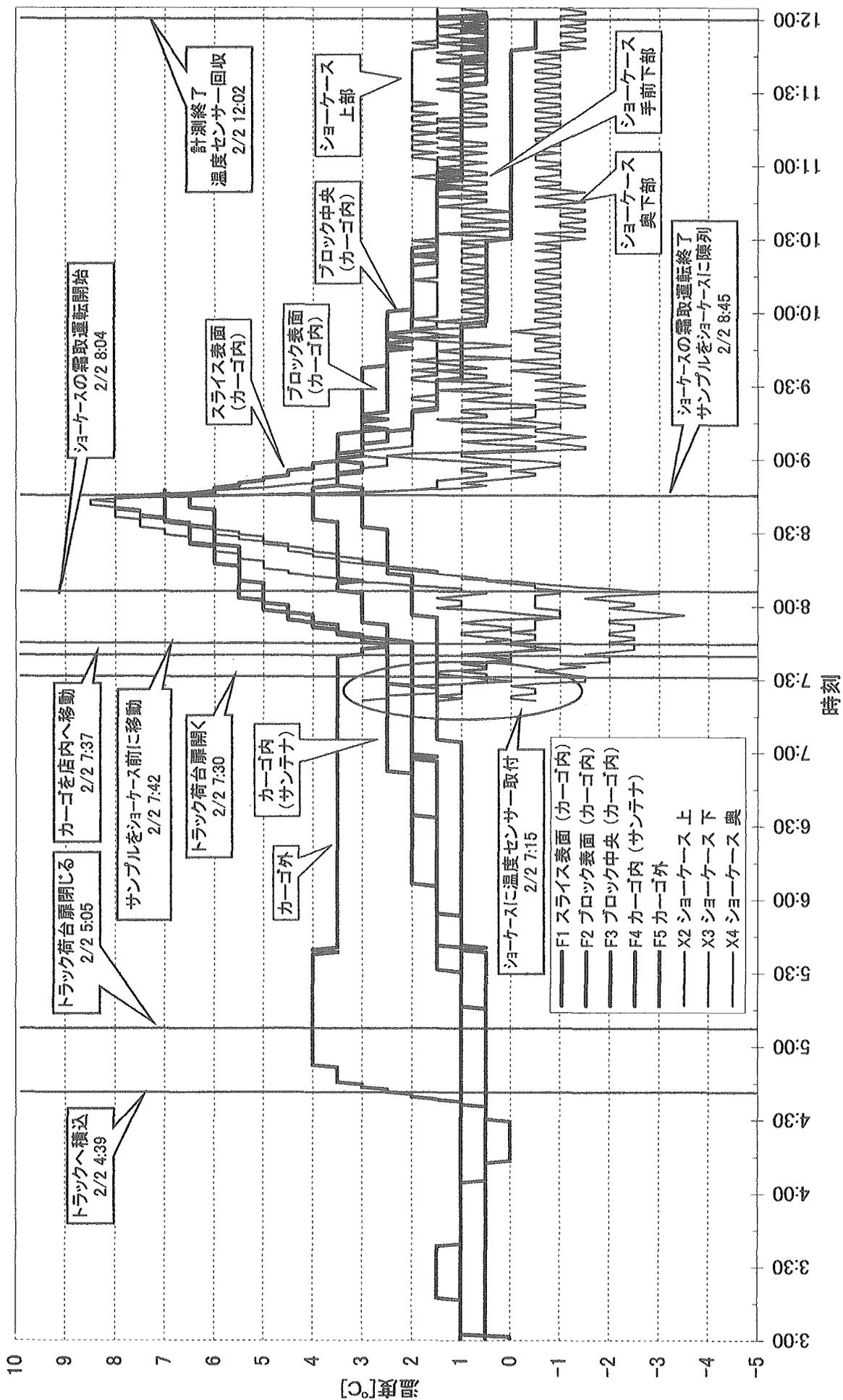
#### 4-5. 結果

店舗 A 及び B へ配送した保冷カーゴ及び商品に設置したセンサー、並びに店舗冷蔵ショーケースに設置したセンサーの温度記録を時間経過とともに、次のページの図に示す。

店舗A 配送(詳細)



店舗B 配送 (詳細)



#### 4-6. 考察

今回の実証調査（第二段階）は、昨年の第一段階同様サンヨーのクールメモリーを用いたが、センサーが全て指示通りに作動し、測定には問題がなかった。また、今回の実証調査では商品に直接センサーを取り付けて温度測定を行なったが、肉に含まれる水分によるセンサー作動トラブルもなかった。さらに、今回は店舗の冷蔵ショーケースに陳列して商品温度と設置場所温度を測定したが、いずれも当初計画していたデータを得ることができた。

##### 1) 保冷カーゴ内外の温度

昨年度の実証調査で保冷カーゴ内の温度は、上段と下段の温度差は1度以内、手前と奥では0.5度以内であり、ほぼ均一に温度が保たれていることが確認されたため、本年度の実証試験では中央付近に一つのセンサーを配置した。一方、保冷カーゴ外部にはやはり一つのセンサーを配置した。

保冷カーゴ内外に大きな温度差が生じたのは、店舗A向けでは保冷車積み込み前に0℃帯から15℃帯へ移動したときと、保冷車から店舗内に運び込まれたときである。まず、0℃帯から15℃帯に移動したときは外気温が0.5℃から6℃に変化した。内部温度は1時間15分で0.5℃から2℃に変化した。また、店舗へ搬入したときの温度変化は3℃から8℃であったが、内部温度は40分間で3℃から3.5℃に変化していた。

店舗B向けにおいては、保冷車に積み込んだとき外気温は2℃から4℃に変化した。保冷カーゴ内温度は2時間30分で1℃から2.5℃に上昇した。一方、店舗内に搬入されたときは早い段階で保冷カーゴのシートが開かれたため、両者の温度差を観察することが出来なかった。

これらの結果から、今回実証調査を行った実際の運搬経路では、外気温が上昇しても商品温度が4℃以下であり、問題となることはなかった。

##### 2) 保冷カーゴ内及び冷蔵ショーケース内の商品温度

保冷カーゴの断熱効果により、保冷カーゴ外部の温度がすぐに内部温度に影響しないことはすでに確認しているが、さらに保冷カーゴ内温度と商品温度の差について調査した。

店舗A向け商品においても、店舗B向け商品においても、保冷カーゴ内温度の変化に従って商品温度は変化しているが、店舗A向け商品の搬送中の温度変化を見ると、スライス肉表面温度は外気温変化に約1時間遅れて追従しており、ブロック肉表面及び中心温度は約1時間10分遅れて追従していた。また、店舗B向け商品が店舗内に置かれているときの温度変化

を見てみると、スライス肉表面ではほぼ外気温と同じ温度変化をしていた。ブロック肉表面温度は約 40 分遅れで、中心温度は 40～50 分遅れで外気温を追随していた。

店舗の冷蔵ショーケースは、店舗 A、店舗 B でその温度変化に特徴的な違いが見受けられた。店舗 A の冷蔵ショーケース温度は、約 15 分周期で 4 度位の幅で上下していたが、店舗 B は約 4 分周期で 0.5 度の温度幅を上下していた。この違いは、おそらく冷蔵ショーケースメーカーの違いによるものと思われる。また、センサー設置場所によってもかなり温度差があり、今後温度履歴管理を行なうためのセンサー設置位置については検討が必要である。

陳列中の商品温度は、店舗 A では商品温が 4℃以下の状態で陳列を開始したため、その後もほぼ 3℃に保たれていた。店舗 B ではスライス肉の温度が 6.5℃、ブロック肉表面温度が 4℃と高めであったが、ショーケースに陳列すると温度は低下した。冷蔵ショーケース奥の温度は、-1℃付近であり商品温度も時間とともに低下し、特にスライス肉は 3 時間の陳列中に 0℃以下となった。

#### 4-7. 課題

今回の実証調査では、商品の環境温度（空気温度）と商品温度を同時に測定し、環境温度から商品温度を推定することを一つの目的としている。また、冷蔵ショーケースと陳列中の商品温度も測定し、やはり空気温度を測定することで商品温度を推定することを試みた。

空気温度から商品温度を計算するためには、以下の項目が関連すると思われる。

- ① 空気温度と商品温度の差
- ② 商品（肉）の比熱、熱伝導率などの物理係数
- ③ 商品の重量、形
- ④ 経過時間
- ⑤ 商品に吹き付ける風の風速

今回、次章でモデル温度変化のモデルケースを想定して実証調査を行い、シミュレーションを行なったが、今後さらに各パラメーターを蓄積しより確度の高い計算を行なえるようにする必要がある。

また、実地での温度履歴管理導入を想定すると、以下のような課題がある。

##### 1) トレーサビリティへの活用方法

食の安全・安心を担保する一つ的手段として、生産地に関する情報、生産方法に関する情報、消費期限に関する情報などを公開するトレーサビリティが導入され始めているが、温度履歴管理も食の安全・安心に関わる重要な情報である。従って、これらの情報との組み合わせをどのようにするか、検討が必要である。

##### 2) 温度履歴データ蓄積・管理と認証のしくみづくり

今後、流通業界以外での温度履歴データ蓄積・管理と認証のしくみが不可欠である。

##### 3) IC チップ内蔵温度センサーの仕様検討

食肉の温度履歴管理に最適な、IC チップ内蔵温度センサーの開発が不可欠である。

##### 4) 運用に耐えうるコスト検討