

第四章 冷凍輸送

第一節 冷凍輸送的種類

除了短程輸送可以利用防熱箱或防熱車以外，較長時間的輸送必須利用起寒劑或機械方法來維持產品在低溫狀態，而維持低溫的方法，因產品種類以及用途之不同而異。大別之，可分為：

一、以冰或起寒劑維持低溫的方法

每 Kg 冰融化時需吸熱 80Kcal，利用此原理將碎冰置於車內，再用送風機使空氣在碎冰與產品之間循環（圖 1），以維持車內溫度在 0~5°C 的範圍，本方法適用於冷藏輸送，如欲降低溫度可在碎冰中混加食鹽以維持 -10~-15°C 的溫度，但食鹽容易侵蝕金屬容器。

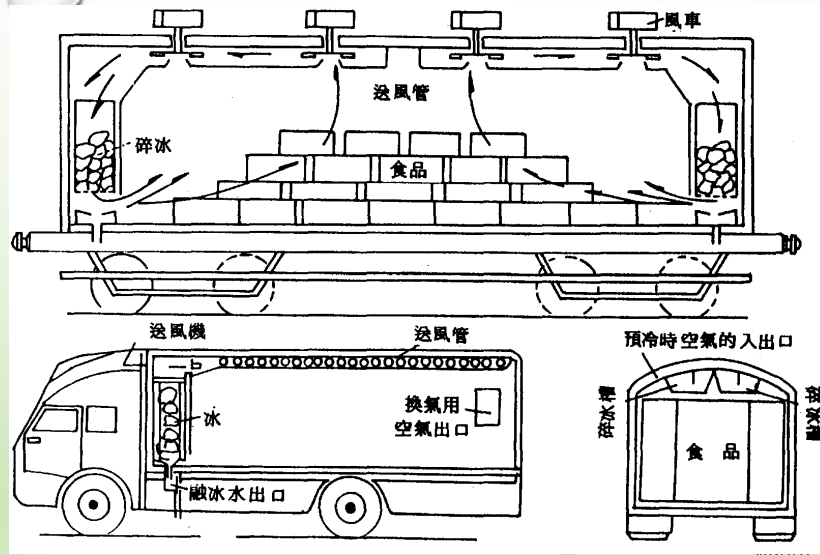


圖 1 強制對流式冷藏車

二、以凍結冷媒維持低溫的方法

表 1 凍結冷媒液的融解溫度與潛熱

種類	二次冷媒		融解潛熱 (Kcal/kg)
	濃度 (對水 100 的重量)	溫度 (°C)	
NaCl	29	-21.2	58
CaCl ₂	42.7	-55	54
MgCl ₂	25.9	-33.6	56

將食鹽溶液等的二次冷媒液凍結後充填在熱傳導率良好的金屬容器內，再將此容器置於車內適當位置，利用二次冷媒液融解時的潛熱，維持車內適當的低溫（表 1），本方法適用於凍藏輸送，如欲作為冷凍輸送因其融解潛熱均較普通冰的 80 Kcal/kg 為低，故較碎冰不經濟。

三、以乾冰或液化二氧化碳維持低溫的方法

利用乾冰昇華時或液化 CO₂ 氣化時吸熱的原理，維持車內低溫的一種方式，此法適於凍藏輸送，很容易維持在 -30~-40°C 的低溫，但如欲作為冷藏輸送還是以碎冰法較為經濟。

乾冰的冷卻能力與持續時間與乾冰塊的大小與包裝厚度有極為密切的關係（圖 2）。例如擬以每小時侵入熱量 300Kcal 的防熱車箱欲作 40 小時的運送時，從圖 2A 可知選擇 20kg 乾冰利用五層報紙包裝時可維持 40 小時以上，而其平均乾冰消耗量為 61kg/40 小時 = 0.4kg/小時，平均冷卻能力為 0.4kg × 150Kcal/kg = 60Kcal/h，而平均侵入熱量為 300Kcal/h，因此 20g 的乾冰需要量為 300/60 = 5 個，即需要 20kg × 5 = 100kg 的乾冰。

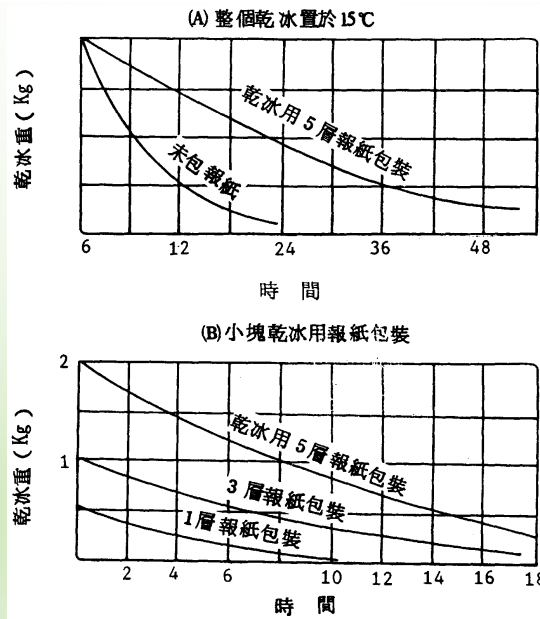


圖 2 各種條件下乾冰的消耗曲線

四、以液態氮維持低溫的方法

每 kg 液態氮在 0°C 時可吸收 96Kcal 的熱量，利用此原理維持車內在低溫狀態，其優點是與乾冰或液化 CO₂ 相同，可以保持車內乾燥，但其缺點為較不經濟。

五、以 L.P.G. (Liquefied Petroleum Gas) 維持低溫的方法

所謂 L.P.G. (液化石油氣) 是指 Propane (C₃H₈)、Propylene (C₃H₆)、Butane (C₄H₁₀)、Butylene (C₄H₈) 的混合氣體。常以強烈的氣味劑乙硫醇加入液化石油氣，洩漏時很容易被發覺。其沸點及蒸發潛熱如表 2 所示。

利用液化 L. P. G 的蒸發潛熱維持車內低溫，同時氣化後的 L. P. G 可作為汽油的代用品，一舉兩得，在日本經長期實驗，目前已廣被利用。

表 2 L. P. G 的成份、沸點及其潛熱

成 份	Propane	Propylene	n-Butane	1-Butylene
分 子 式	C ₃ H ₈	C ₃ H ₆	C ₄ H ₁₀	C ₄ H ₈
分 子 量	44.09	42.08	58.12	56.10
融點 (1 氣壓下)	-187.69	-185.25	-138.35	-185.35
沸點 (1 氣壓下)	- 42.07	- 47.70	- 0.50	- 6.26
臨界溫度 (°C)	96.81	91.9	152.01	146.4
臨界壓力 (氣壓)	42.01	45.4	37.46	39.7
蒸 發 潛 熱 (Kcal/kg)	101.8	104.6	92.09	93.36

1. L.P.G 冷凍車的 L.P.G 回路及其冷卻能力

L. P. G 蒸發時的冷卻能力 $Q = [E - C_p(\theta_2 - \theta_1)]W$ 式中，

$E =$ L. P. G 的蒸發潛熱 Kcal/kg

$C_p =$ L. P. G 的定壓比熱 Kcal/kg°C

$\theta_1 =$ L. P. G 的蒸發溫度 °C

$\theta_2 =$ 防熱箱內的溫度 °C

$W =$ L. P. G 每小時的消耗量 kg/h

而 L. P. G 的 E 值如圖 3 所示，溫度愈低其值愈大。

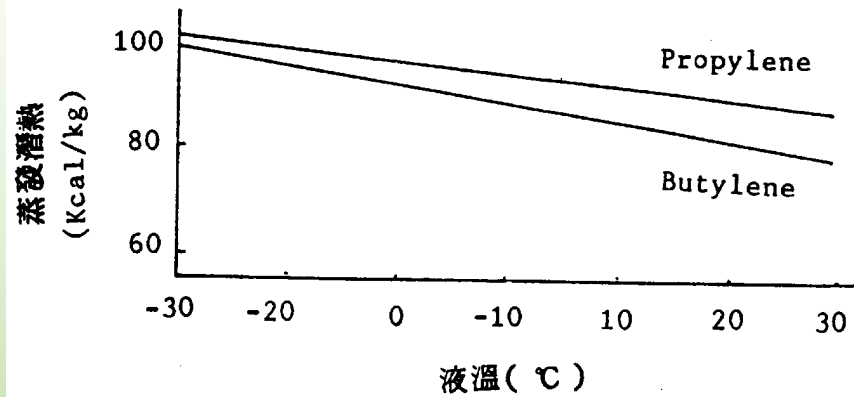


圖 3 L. P. G 蒸發溫度與蒸發潛熱

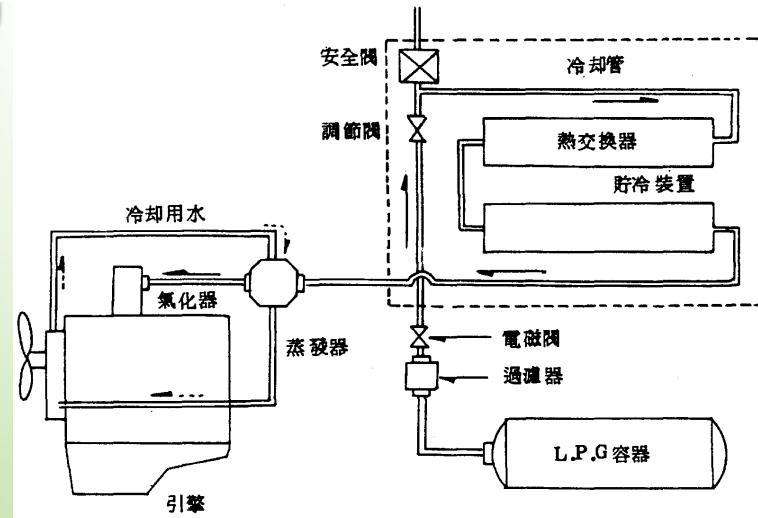


圖 4 L. P. G 冷凍車的回路說明

根據實際經驗，燃料消費量與行車距離的關係 L. P. G 1kg 對 2 噸車而言可跑 11 公里，每小時冷凍能力約為 230Kcal；6 噸車可跑 5 公里，每小時的冷凍能力約為 500Kcal。而 L. P. G 在車內的回路設計如圖 4 所示。

2. 防熱箱的侵入熱量

假定輸送中車內溫度維持 -10°C ，外氣溫度 30°C ，防熱材料 polyurethane。厚度為 8 或 12 公分，載重量 2 噸及 6 噸車的防熱箱全表面積為 $20\sim 25\text{m}^2$ 及 $40\sim 45\text{m}^2$ ，則輸送中侵入熱量如圖 5 及表 3 所示。

3. L. P. G 的冷卻能力與侵入熱量的比較

根據前面的計算公式可知 L. P. G 蒸發時的冷卻能力約為 $450\sim 620\text{Kcal/h}$ ，平均以 500Kcal/h 計算，而根據表 3 所示的資料 6 噸車量的防熱箱全表面積以 45m^2 ，防熱材料厚度以 8 公分計算時其

侵入熱量為 350Kcal/h，因此冷凍車可使防熱箱保持在 -10°C 行駛。

①初期及停車中的冷卻方法

欲維持防熱箱內 $0\sim-20^{\circ}\text{C}$ 的溫度，光利用 L. P. G 的冷卻能力，溫度下降的速度太慢，初期冷卻最好用液態氮噴霧法使箱內溫度下降。致於停車中的冷卻方式，可利用充滿 Glycol 溶液的不凍液金屬板以維持停車中防熱箱的低溫。

表 3 L. P. G 冷凍車的防熱箱的熱侵入量

車的噸位	2 噸車		6 噸車					
防熱箱全表面積 (m ²)	20	25	40	45				
防熱材料 Polyurethane 厚度 (cm)	8	12	8	12	8	12	8	12
侵入熱量 (Kcal/h)	160	110	195	130	315	215	350	240

4. L. P. G 冷凍車在輸送中的溫度變化

圖 6 為輸送冰淇淋，圖 7 為輸送牛奶時 L. P. G 冷凍車內食品以及防熱箱內的溫度變化。從圖中明顯的可以看出，不管行車的速度如何其溫度的變化不大。

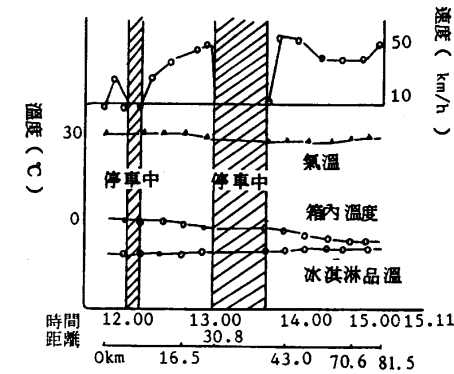


圖 6 L. P. G. 冷凍車輸送冰淇淋時的品溫變化

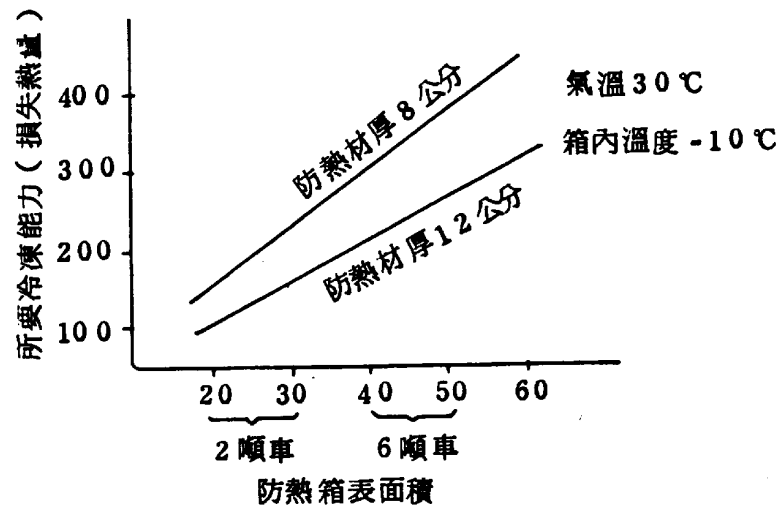


圖 5 防熱箱的表面積與防熱材厚度與外熱入侵量之關係

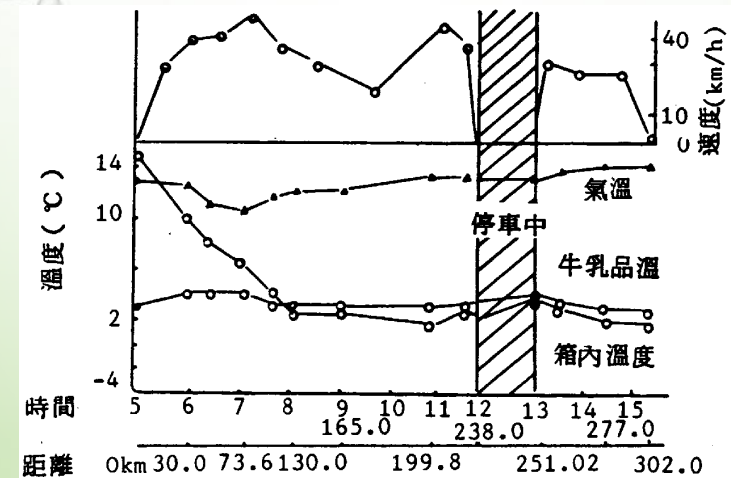


圖 7 L. P. G 冷凍車輸送牛乳時的品溫變化

六、以冷凍機維持低溫的方法

此方法適合於長時間輸送，即在貨櫃上面另行裝置冷凍機，其冷凍能力以 2 ~ 5 噸者居多，冷媒劑均利用 Freon，蒸發器採用 Unit Cooler 使空氣在櫃內循環，凝縮器則採用空冷式，貨櫃大小有 20 呎

及 40 呎兩種為主。其外觀如圖 8 所示。而其內徑的長、寬、高則如表 4 所示，產品外箱之設計應配合貨櫃之內徑尺寸以節省運費。又為確保櫃內冷氣能充份循環，裝櫃時櫃內上方應保留 20~30 公分的空隙，以免冷凍食品在輸送途中品溫上昇而影響品質。

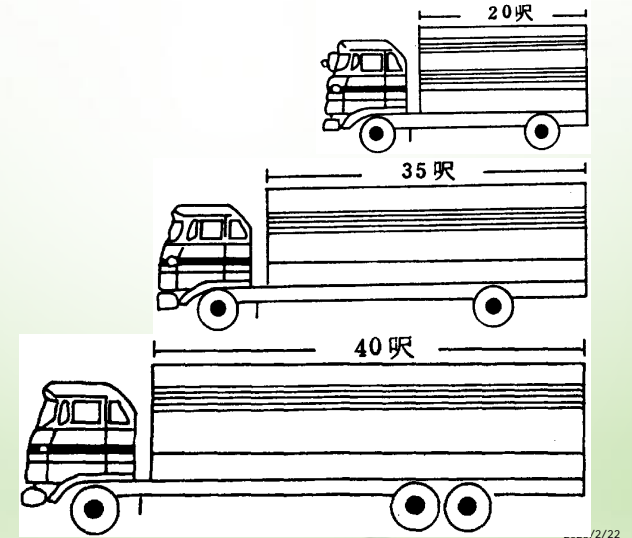


圖 8 冷凍貨櫃之外觀

表 4 冷凍貨櫃之材積表

材積	長	寬	高	呎 ³	米 ³
20呎櫃	20'	8'	8'6"		
英制	19'4 1/4"	7'8 5/8"	7'10"	1170 1000	
公制	5.899m	2.352m	2.386m		33.1 *28
35呎櫃	35'	8"	8'6"		
英制	34'7"	7'8 1/2"	7'10"	2088 1800	
公制	10.54m	2.34m	2.39m		58.9 *50
40呎櫃	40'	8'	8'6"		
英制	39'5 3/8"	7'8 5/8"	7'10"	2383 *2000	
公制	12.02m	2.35m	2.38m		67.5 *57

第二節 各種輸送方法的比較以及輸送中應注意事項

一、各種輸送方法的比較

以外氣溫度平均為 15°C，車內防熱箱溫度保持 -10°C，每天行車 6 小時的 6 噸車作為比較時，各種輸送方法的優劣點為：

1. 設備費以碎冰或乾冰冷卻法最節省。
2. 冷卻費以液態氮法及乾冰法最貴，冷凍機法次之，L. P. G 在行走中的冷卻費等於零，但預冷則需消耗液態氮。
3. 冷卻劑或冷凍設備所佔整個冷凍車的容積或重量如表 5 所示，就容積而言以液態氮或 L. P. G 所佔的比率最小，因此載貨量可以增加。

4. 溫度控制的完整性以液態氮法最佳，其餘依次為冷凍機法，L. P. G 法，乾冰法。
5. 輸送車的折舊費以 L. P. G 法且取便宜，其餘依次為冷凍機法，乾冰法，液態氮法。

表 5 冷卻劑或冷凍設備所佔容積或重量

冷卻方法	可佔容積 (%)	所佔重量 (%)
乾冰冷卻法	15	22.5
液態氮冷卻法	5	25.8
L. P. G冷卻法	10	25
冷凍機冷卻法	20	35

21

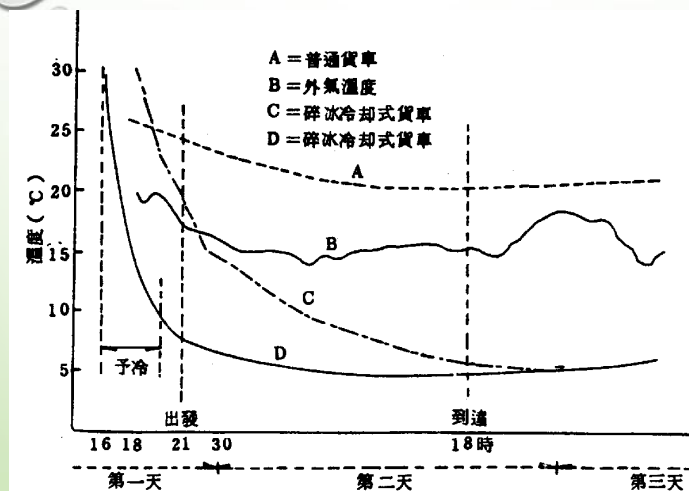


圖 9 預冷對冷藏車庫內溫度之影響

23

二、冷凍輸送中應注意事項

冷凍輸送第一項應注意的事項是必須充份將車內防熱箱預冷，再其次應注意裝載時食品品溫及放置位置，尤應注意冷卻劑的放置位置。

三、輸送車體防熱箱的預冷

充份將車體防熱箱預冷至與食品品溫相同或較低的溫度，是裝載冷藏或凍藏食品的光決條件，否則食品品溫無法維持，這可從圖 9 中 C、D 的關係明顯的看出，經預冷者自始至終車內溫度，均維持在所要的溫度，而未經預冷者約需經過二天車內溫度才能降至所要的溫度，當然在未預冷的條件下輸送食品，勢必無法確保其品質。

22

四、裝載時食品品溫的控制

因為一般的冷凍輸送車只能維持車內防熱箱在一定的溫度範圍，沒有更多餘的能力用於降低食品品溫，因此裝載時應將食品品溫降至所要的低溫，再裝在經預冷的冷凍車內。

五、裝載時食品在防熱箱內的陳列位置

車底，牆壁以及前部兩端，在行車中溫度較易升高，因此在此部位陳列的食品應特別注意其品溫，在不影響裝載量的條件下，最好在食品與防熱箱方面保留小空隙，如此，才能確保良品品溫。

六、冷劑在保溫箱內的陳列位置

以冷卻劑保持冷凍車低溫時，冷卻劑必須陳放在能自然對流的地方，因為冷空氣較重，所以冷卻劑應放在車內防熱箱內上端，利用冷氣往下沈的原理使箱內空氣產生自然對流而保持車內的溫度能平均分佈。

24

表 6 新鮮蔬菜的輸送品溫表

蔬 菜 別	2~3天 輸 送		5~6天 輸 送	
	裝載時容許最高品溫(°C)	輸送期間品溫(°C)	裝載時容許最高品溫(°C)	輸送期間品溫(°C)
蘆菜	5	0~5	2	0~2
筍	8	0~8	6	3~6
豆	10	2~8	不能耐五天以上的輸送	
菜	12	0~12	8	0~8
敏	8	0~8	6	0~5
甘	8	0~8	4	0~4
藍	10	5~10	10	7~10
蘿	10	5~10	10	7~10
花	2	0~2	不能耐24小時以上的輸送	
紅	20	-1~20	15	-1~15
白	10	4~10	8	4~8
黃	—	5~20	—	5~20
小	6	0~5	不能耐三天以上的輸送	
洋	10	8~15	15	10~15
辣	—	4~8	—	不能耐五天以上的輸送
馬	—	5~20	—	不能耐三天以上的輸送
波	6	0~5	不能耐三天以上的輸送	
葱	15	8~15	15	10~15
薯	8	4~8	—	不能耐五天以上的輸送
茄	—	—	—	—
(綠熟)	15	8~15	15	10~15
(完熟)	8	4~8	—	不能耐五天以上的輸送

表 7 新鮮果實的輸送品溫表(續)

橘	子	8	2~8	8	2~8
檸	檬	12~15	8~15	12~15	8~15
葡	萄	12~15	8~15	12~15	8~15
葡	萄	8	0~8	6	0~6
桃	子	7	0~7	3	0~3
洋	梨	5	0~5	3	0~3
鳳	梨	10以上	10~11	10以上	10~11
梅		7	0~7	3	0~3
草	莓	3	-1~2	不能耐三天以上的輸送	

表 7 新鮮果實的輸送品溫表

品 種	2~3 天的 輸 送		5~6 天的 輸 送	
	裝載時容許最高品溫(°C)	輸送期間品溫(°C)	裝載時容許最高品溫(°C)	輸送期間品溫(°C)
蘋	—	3~10	—	3~16
杏	3	0~3	2	0~2
香	12以上	12~13	12以上	12~13
香	15以上	15~16	15以上	15~16
櫻	4	0~4	不能耐三天以上的輸送	
橘	10	2~10	10	4~10

表 8 新鮮動物性食品的輸送品溫表

食品種類	2~3 天的 輸 送		5~6 天的 輸 送	
	裝載時容許最高品溫(°C)	輸送期間品溫(°C)	裝載時容許最高品溫(°C)	輸送期間品溫(°C)
食 肉	6	-1~5	3	-1~3
生 火 腿	6	-1~5	3	-1~3
豬 油	—	12以下	—	10以下
食 鳥 類	6	-1~3	3	-1~1
野 鳥 類	6	-1~3	3	-1~1
鷄 蛋	—	0~15	—	0~15
冰 藏 魚	5	-1~1	5	-1~1
牛 乳	5	0~5	不能耐24小時以上的輸送	
養 樂 多	2	0~2	—	—
奶油與人造奶油	10	8以下	10	6以上
硬 乳 酪	—	0~15	—	0~15
軟 乳 酪	12	8~12	10	8~12