

食料のポストハーベスト技術とエネルギー問題

Post-harvest Technology of Foods

梅田 圭司*・田島 眞**
Keiji Umeda Makoto Tajima

1. はじめに

大古の時代は、人類は必要とする食料を自分の周りから調達していたし、また、食料の保存手段を持たなかったから、収穫後のエネルギー消費はほとんど無かった。その後、産業革命の結果人口が都市に集中するようになると、生産地から消費地への食料の輸送が必要となり、流通のためのエネルギー消費が生ずるようになった。さらに、最近、先進国では加工食品の消費量が增大しており、加工のためのエネルギー消費、あるいは食堂・レストラン等の外食産業におけるエネルギー消費も増大している。

本稿では、これらを順を追って解説するが、まとめるに当たって、「食料供給における省エネルギーの方向—流通・加工・消費—」(昭和58年6月農林水産省エネルギー基本対策研究会報告書)を参考にさせていただいたことをお断りしたい。

2. 食料のポストハーベストにおけるエネルギー利用の実態

収穫された食料が、我々の口に入るまでには多くの過程を経る。第一は、生産地から消費地への「流通」過程であり、第二は、原料から製品をつくる「加工」過程であり、第三は、実際に口に入る形まで調理する「消費」過程である。この各過程でのエネルギー消費量を示したのが表1である。すなわち、流通に $7,468 \times 10^{10}$ kcal、加工に $6,235 \times 10^{10}$ kcal、消費に $14,736 \times 10^{10}$ kcal、合計 $28,439 \times 10^{10}$ kcal となる。消費段階でのエネルギー消費が多いが、これは後述するように、家庭での調理に要するエネルギー消費が大きいためである。これらポストハーベストにおけるエネルギー消

表1 食料の流通・加工・消費過程におけるエネルギー消費量¹⁾

	エネルギー消費量		割合
	輸送	その他	
流通	輸送	$4,472 \times 10^{10}$ kcal	15.7%
	その他	2,996	10.5
	小計	7,468	26.2
加工		6,235	21.9
消費	外食	3,909	13.7
	家庭調理	10,827	38.1
	小計	14,736	51.8
合計		28,439	100.0
生産部門		10,557	
国内エネルギー最終需要		343,376	

農林水産省「農林水産エネルギー消費態様基本調査」からの推定値

費量は、我が国の国内エネルギー総需要 $343,376 \times 10^{10}$ kcal の約8.3%となる。

これに対し、食料の生産に用いられるエネルギーは $10,557 \times 10^{10}$ kcal で、これは国内エネルギー総需要の約3.1%である。このようにポストハーベスト部門での消費量が、生産部門の3倍弱にもなるのは、国内生産でエネルギーを消費していない輸入食料を、国内で流通・加工・消費していることにもよる。結局、我が国では食料供給のために、総エネルギー需要の11.4%を費していることになる。

以下に、各部門におけるエネルギー消費の実態を述べていこう。

2.1 流通部門

食料の流通部門においては、主に、貯蔵、輸送にエネルギーを消費する。

貯蔵においては、品質保持のために低温下での貯蔵が伸びている。昭和50年度には冷蔵倉庫の入庫量は、7,123千トン(水産物4,319千トン、畜産物1,611千トン、農産物593千トン、冷凍食品501千トン、その他98千

* 農林水産省食品総合研究所企画連絡室長

〒305 茨城県筑波郡谷田部町観音台2-1-2

** 農林水産省食品総合研究所放射線利用研究室長

トン)であったが、56年度には9,503千トンに伸びている。さらに、最近ではチルド(氷温)、パースシャルフリーズ(PF)などの新しい低温域での保存法も実用化され始めている。

流通部門においては、荷役、包装に要するエネルギーも必要である。

しかし、量も消費量の大きいものは、輸送に要するエネルギーである。昭和55年度の食料輸送量はトン数で5億1,500万トン、トンキロ数で375億8,100万トンキロであり、これは我が国の全輸送量の各々8.6及び8.7%を占めている。

これを輸送手段別に見ると、表2に示したように、穀物では内航海運及び鉄道が85%を占めるが、野菜・果物、食料工業品では90%近くを自動車占める。

輸送におけるエネルギー利用状況を示したのが表3である。自動車輸送はエネルギー消費量が1トンキロ当たり1,390kcalと、鉄道の217、内航海運の264kcalの約6倍となるので、内航海運、鉄道による輸送が主流である穀物であっても、エネルギー消費量では自動車が58%を占める。食料品全体では自動車が92.5%を占め、省エネルギー対策を論じるには、自動車輸送を見直す必要がある。

流通部門でのエネルギー消費の推定値を表4に示した。

表2 食料の品目別輸送量¹⁾

	トン数		輸送機関別割合(%)		
	トン数	トンキロ数	鉄道	自動車	内航海運
穀物	58,688千トン	7,503百万トンキロ	30	13	57
野菜・果物	89,457	7,136	11	88	1
その他の農産品	30,267	1,367			
畜産品	31,580	1,859			
水産品	40,502	3,781			
食料工業品	264,509	15,935	13	81	6
合計	515,003	37,581			

運輸省「運輸白書」。「陸運統計要覧」

表3 食糧輸送におけるエネルギー利用の輸送機関別割合(%)

	鉄道	自動車	内航海運
穀物	14.0	58.0	28.0
野菜・果物	2.3	90.1	7.6
食料工業品	1.3	97.0	1.7
食料品全体	2.3	92.5	5.2

日通総合研究所「昭和55年度農林水産業エネルギー消費実態基本調査」

表4 流通部門におけるエネルギー消費量の推計値(54年度)¹⁾

輸送	トン数	トンキロ数	輸送以外	荷役	9
鉄道	103×10 ¹⁰ kcal			冷蔵	582
自動車	4,137		卸小売	小計	2,405
内航海運	232				2,996
小計	4,472				
合計		7,468			

2.2 加工部門

食料の加工過程において、消費されるエネルギーの大部分は加熱に要するものである。全体の71.4%が加熱に利用されている。すなわち、蒸煮・調理、乾燥、殺菌、濃縮・結晶化、脱臭、洗浄の各工程において、熱源を必要とする。熱源の95%はボイラーによっており、エネルギー源のほとんどが重油、一部が灯油である。従って、蒸煮・調理のエネルギー効率を上げることが、省エネルギーを推進するに当って重要である。

加工過程において消費されるエネルギーの残り28.6%は機械を動かしたり、構内運搬用の動力に用いられる。動力に用いられるエネルギーの大部分は電力である。

食料加工業のなかで、エネルギー消費量の大きい業種を表5に示した。製造工程中に、濃縮・結晶化の占める割合が大きい砂糖製造業、砂糖精製業、化学調味料製造業で、燃料の消費量が大きいのが特徴である。

しかしながら、食料加工業におけるエネルギーコスト比率(エネルギー源の金額が生産金額に占める割合)は、平均2.5%であり、製造業全体の4.4%、鉄鋼業の10.2%、化学工業の7.8%と較べると低い。

表5 高エネルギー消費食料加工業(昭和55年)¹⁾

業種	エネルギー源購入額
乳製品製造業	39.460 百万円
パン製造業	30.185
ビール製造業	27.798
化学調味料製造業	21.437
植物油脂製造業	20.939
砂糖精製業	20.563
肉製品製造業	16.301
清涼飲料製造業	15.786
その他のパン菓子製造業	15.676
ぶどう糖・水あめ製造業	15.339
砂糖製造業	12.383
生菓子製造業	12.103

通産省「工業統計表」

表6 加工部門におけるエネルギー消費量の推計値(55年度)¹⁾

エネルギー源	消費量	カロリー-換算値
石油	3,859 千kl	3,783×10 ¹⁰ kcal
ガス		231
電力	9,067×10 ⁶ KWH	2,221
合計		6,235

通産省「総合エネルギー統計」

食品産業センター「昭和56年度農林水産業エネルギー消費実態基本調査」

加工部門でのエネルギー消費の推定値を表6に示した。

2.3 消費部門

食料の消費部門で費やされるエネルギーの大部分は、調理に要するエネルギーである。調理には、家庭での調理と、食堂・レストラン等外食産業における調理とがある。とくに、近年、後者の伸びが著しい。昭和43年の食堂・レストラン（喫茶店及び風俗営業を除く）の売上高は9,800億円であったが、昭和57年には、6兆8,150億円にのぼっている。

外食産業において使用されるエネルギー源は、電気とガスがほぼ半分ずつである。最近、伸びが著しいファミリーレストランやファーストフード店では、調理に電子レンジを多用するので、電気の使用量が大きいのが特徴である（表7）。これらのタイプの店は、セントラルキッチンや仕様書発注により、調理、半調理済食品を搬入し、再加熱をして販売するためである。

外食産業におけるエネルギー消費量は、 $3,909 \times 10^{10}$ kcal/年と推定されている。

家庭におけるエネルギー消費の実態を、モデル地帯での調査によりまとめたものを表8に示した。この実態と、家庭用機器の普及率を基にして推定すると、我が国の家庭調理におけるエネルギー消費量は、電気機器によるもの $6,454 \times 10^{10}$ kcal/年、ガス機器によるもの $4,373$ kcal/年と見なされている。

表7 外食産業のエネルギーコスト比率(%)¹⁾

業 態	電気	燃料	水道	売上高に占める割合 (%)
ファミリーレストラン	60	27	13	7.5
ディナーレストラン	48	37	15	4.7
総合店	46	37	17	4.0

日本フードサービス協会資料

表8 モデル地帯での家庭調理用エネルギー消費実態¹⁾

電力	冷蔵庫	$1,590 \times 10^3$ kcal
	電子レンジ	
ガス	ガス湯沸機	1,180
	ガステーブル	695
合 計		3,630

経済企画庁「省エネルギー生活の推進のために」

3. 省エネルギー対策の現状

ポストハーベストは、流通から消費までの多くの段階を経るが、各段階において省エネルギーがはかられている。その一つは、機器の改良などいわゆるハード

面であり、他方は効率化などソフト面である。各部門における主な対策には次のようなものがある。

流通部門

- 車両・機器の改善（車両の軽量化、原動機の高性能化、走行抵抗の軽減など）
- 輸送システムの改善（共同集荷、荷役設備の標準化など）
- 冷蔵倉庫の断熱構造の改良、庫内温度管理の徹底

加工部門

- 適正負荷ボイラーの採用
- 排熱の効率的回収
- 操業の効率化

消費部門

- 省エネルギー厨房機器の採用
- 建築構造、空調の省エネルギー化（断熱材の導入、白熱灯からけい光灯への転換、温度管理の適正化など）

省エネルギーは、また新しい技術によっても大きく推進される。以下に、いくつかの事例を紹介したい。

3.1 砂糖精製工程における排熱回収

粗製糖から精製糖を製造するには、結晶缶内で粗製糖を加熱溶解し、次いで徐々に冷却し、精製糖を晶析させる。この過程で、結晶缶から排出される熱を回収するものである。すなわち、排出蒸気が凝縮し排水となる途中に熱交換機を設置し、温水として利用する。

原料の粗製糖を1日に1,000トン溶解する工場において実施した結果、表9に示したように、1年間で500～950 klの重油の節約ができた。

表9 砂糖精製工程における排熱回収例

工場	設備費	1日の排熱回収量	重油節約量	割合
A	百万円	トン温水	kl/年	%
A	18	470	500	1.5
B	10	850	950	4.7

3.2 みそ醸造におけるヒートパイプの利用

みそは水分40～50%のペースト状食品のため、熱の伝導が悪い。とくに、大型タンクを用いた醸造では、周辺部と中心部では温度が均一とならず、無駄な加熱あるいは冷却を要している。これを解決するために、タンク中心部にヒートパイプを挿入することにより、均一な温度を与えることができ、省エネルギーとともに、均質な製品をつくることができた。

3.3 膜利用技術

液状食品を濃縮するには、一般には加熱により水分

を除去する。近年、特殊な高分子膜を用いることにより、水と溶質とを分離する技術が開発された。この膜には、限外濾過膜と、逆浸透膜があるが、いずれも水を通し、溶質を通さない性質がある。そこで一方に液状食品を入れ、圧力をかけると片方に水だけが浸透してくる。この過程は、水から水蒸気への相変化を伴わないので、エネルギー消費が少ない。

現在、果汁（リンゴ）の清澄化、チーズホエーからの有価成分の回収などに実用化されている。今後、さらに高性能の膜が開発されれば、普及していくものと思われる。

3.4 エクストルージョン・クッキング

食料の加工過程において、熱エネルギーとして消費されるものの大半は、蒸煮・調理と殺菌に用いられる（表9）。そこで、この操作を省エネルギー化することは、大きな目標となる。

最近、エクストルーダー（加熱押出機）と呼ばれる新しい加熱・加圧機が開発され、実用化への試験が行われている。本機は、1回の操作で、加熱、殺菌、混合、組織化、乾燥、粉碎などの工程を同時に行うことが可能で、適正な処理技術が開発されれば、省エネルギーに貢献することが期待される。

エクストルーダーには一軸型と二軸型があるが、後者は多水分系の原料、すなわち巾広い食品材料や、食品加工廃棄物に適用可能であり、多くの可能性を秘めている。

表10 食品製造業におけるボイラー発生熱の利用割合(%)¹⁾

	蒸煮・ 調理	乾燥	殺菌	濃縮	洗浄	その他
肉製品製造業	45	27	25		2	
水産練製品製造業	70		20			9
みそ製造業	48		28			24
パン製造業	69				19	12
めん類製造業	57	40				3
豆腐・油揚げ製造業	73	7	5	5	5	5
調理冷凍食品製造業	80		10		10	

食品産業センター「昭和56年度農林水産業エネルギー消費態様基本調査」

3.5 青果物輸送の改善

青果物の長距離輸送の伸びに伴い、輸送技術の改善も重要な課題である。表11は、青果物の輸送時の損傷度を示したもので、損傷度1以上は商品性を失ったものと判断される。すなわち、トラック輸送されたイチゴは損傷度が大きく、輸送技術の改善が必要であるが、貨車輸送されたナシの損傷度は小さく、現在の包装が過剰であることが分る。

省エネルギーのためには、このような基礎データの

表11 青果物の輸送時の損傷度²⁾

産物	積載位置	輸送手段	損傷度
ナシ (20世紀)	上段	貨車(赤碓-神田)紙 パレット	0.004
	下段		≒ 0
	上段	"	≒ 0
	下段		≒ 0
イチゴ(ダナー)	後列上段	冷凍トラック(10t) 糸島-大阪	32.9
	前列上段		0.23
	前列下段	トラック(4t) 韭山-神田	8.44
	後列下段		55.88
	後列上段		83.2
レタス	中列上段	トラック(4t) 川上-神田	0.005
	中列中段		≒ 0
	中列上段	トラック(11t) 北大井-神田	0.429
	中列下段		0.084
ブドウ	マスカット	後列上段	0.333
		中列上段	岡山-神田: 高速道 0.017
	ネオマス カット	後列上段	トラック(11t) 0.609
		中列上段	岡山-神田: 普通道 0.147
		中列下段	

積上げが必要である。

4. おわりに

我が国の食生活は、戦後の不足期から充足期に移り、豊かさや楽しみを求めるようになった。その結果、いわゆる加工食品の伸びが著しいが、最近ではその中味もまた変ろうとしている。すなわち、調理済冷凍食品に代表されるいわゆる加工食品らしい加工食品は、所得が低い層でむしろ購入額が高い。高所得者層ではむしろ生鮮食品に対する志向が強い。その結果、加工食品にあっても、生鮮らしさを強調した製品開発が盛んである。例えば、缶・ビン詰ビールの「生」化、「手造り風」食品などである。

いっぽう、女性の社会進出と、地方における農村人口の地域中核都市への人口集中は、全国的に外食の増大を招いている。ポストハーベストにおけるエネルギー問題も、新しい動向に対応していく必要がある。

一つの例として、鶏肉の保存をみると、5℃の冷蔵では24時間で変質する。そこで長期保存には-18℃以下の冷凍が用いられるが、本法ではエネルギー消費も多く、また賞味も落ちる。新しく開発された-3℃の水温貯蔵では、10日間の賞味期間が得られる。その利点から家庭用冷蔵庫にも水温庫が普及し始めている。今後も、新しい技術の開発が望まれる。

文 献

- 1) 農林水産業エネルギー基本対策研究会: 食料供給における省エネルギーの方向-流通・加工・消費-(1983).
- 2) 岩元睦夫; 青果物輸送の省資源省エネルギー技術, 農林水産研究ジャーナル, 5巻3号(1982), 11~15.