

給食経営管理実習におけるエネルギー消費量の実態調査

Survey on Energy Consumption during Training in Food Service Management

小 西 優 子* 藤 井 恵 子**

Yuko KONISHI

Keiko FUJII

要 約 給食施設で行われる大量調理は、多くのエネルギーを消費し、環境負荷が大きい。本研究では、大量調理のエネルギー削減法を明らかにすることを目的に、給食経営管理実習におけるエネルギー消費量の実態を調査した。調理機器の使用頻度や稼働時間、調理操作が異なることから、各献立のエネルギー消費量は異なった。調理時間中のエネルギー消費量は電気と比較して、LP ガスを使用した方が高く、ガスレンジのエネルギー消費量が最も高かった。調理操作では、「茹でる」は、「蒸す」と比較して、予熱時間が長く、エネルギー消費量が高かった。茹で物や煮物では、スチームコンベクションオーブン加熱と比較して、ガスレンジで鍋を用いて加熱するとエネルギー消費量は高くなった。省エネルギー化を図るためには、調理操作のエネルギー消費量を把握したうえで、調理機器を選択すること、加熱温度や時間の適正化を図ること、非加熱料理を取り入れるなど献立上の配慮が重要である。

キーワード：大量調理、エネルギー削減、給食経営管理

Abstract Volume cooking performed at food service facilities consumes a lot of energy and has a large environmental impact. This study investigated the actual energy consumption during training in food service management in order to identify methods of saving energy during volume food preparation. The energy consumption for preparation of each meal differed due to differences in the frequency with which cooking equipment was used, operating time, and cooking operations. Energy consumption during cooking time was higher with LPG compared to electricity, and the gas range accounted for the highest energy consumption. “Boiling” involved a longer preheating time and higher energy consumption than “steaming.” Boiling and simmering involved higher energy consumption when heating a pot on a gas range compared to steam convection oven heating. The energy consumption of cooking operations needs to be ascertained, cooking equipment needs to be selected, the heating temperature and time need to be optimized, and menu planning, such as incorporating unheated dishes, needs to be considered to save energy.

Key words : Volume cooking, Energy conservation, Food service management

1. 緒言

地球温暖化の進行に伴う気候変動や異常気象の発生により、環境保全に関する世界的な関心が高まっている。2015年9月に開催された国際連合総会においては、17のゴール・169のターゲットから構成される「持続可能な開発目標（SDGs）」の目標13として「気候変動に具体的な対策を」が制定された¹⁾。日

* 日本女子大学大学院人間生活学研究科生活環境学専攻
Graduate School of Human Life Science, Division of Living Environment, Japan Women's University

** 日本女子大学家政学部食物学科
Department of Food and Nutrition, Faculty of Human Sciences and Design, Japan Women's University

本は「地球温暖化対策計画（令和3年10月22日閣議決定）」において、2030年度までに温室効果ガスを2013年度比で46%削減目標を掲げ、さらに、50%までの削減を目指すことを表明した²⁾。また、2023年に開催されたCOP28（国連気候変動枠組条約第28回締約国会議）において、気候変動による地球全体の気温の上昇を1.5℃に抑えるためには、緊急な行動が必要であり、世界全体の温室効果ガスの排出量を2030年までに43%、2035年までに60%削減する必要があることが強調されている³⁾。これらのことより、地球温暖化の主な原因である二酸化炭素（CO₂）排出量削減は急務の課題である。

さらに、新型コロナウイルス感染症の影響により停滞していた世界経済が回復する中、原油の需要が高まり、ガスや電気の価格上昇が加速を続け、限られた資源を有効活用する必要性も重要視されている。

日本全体のCO₂排出量削減を実現するためには、毎日の生活を営む上で、CO₂排出量削減を意識した行動をとる必要がある。特に調理は継続して行われるため、ガスや電気の使用量を減らすことは日常的に実践できる取り組みとして重要である。家庭調理においては、省エネルギー化を図るための様々な手法の提案がなされている。これまでに、家庭調理では調理操作の工夫や最適な調理機器、調理道具を選択することによってCO₂排出量を削減できること⁴⁾、火加減の調節や同時調理等の省エネ行動を実施することで、7～74%のCO₂削減効果が得られたという報告⁵⁾がある。

一方、給食施設で実施される大量調理は、家庭調理と比較して大型の調理機器を用い、火力も大きいことから多くのエネルギーを消費し、環境への負荷も大きい。大量調理については、管理栄養士課程の大学の給食経営管理実習におけるガス消費量の実態調査⁶⁾や調理機器によるエネルギー消費量の「見える化」システムを利用した省エネルギー教育の有効性についての報告⁷⁾、大量調理時の「茹でる」、「煮る」工程では鍋の蓋を使用し、鍋底から火が出ない火力に調節することがCO₂排出量削減に効果的であること⁸⁾、調理機器やスチームコンベクションオープン（以下、スチコン）の加熱モードの違いが焼き操作のガス消費量に与える影響⁹⁾などが報告されているが、一部のメニュー、調理操作、調理機器に限られ、具体的なエネルギー削減法に関する報告は非常に少ない。

本研究では、大量調理におけるエネルギー削減法を明らかにするために、管理栄養士課程の大学の給食経営管理実習の調理機器の稼働によるガス使用量および電気使用量の測定を行い、エネルギー消費量の実態について調査することを目的とした。

2. 方法

I 大学管理栄養士課程の給食経営管理実習において、調理時のガス使用量及び電気使用量の測定を行い、一次エネルギー消費量を求めた。その他、機器の稼働時間、実習室内の温湿度の測定を行った。

2-1 測定期間及び測定時間

2023年及び2024年6～7月、合計12回の実習について調査した。調理時間は9:00～12:00である。12:00以降もスチコンやブラストチラーの自動洗浄が稼働するため、洗浄時間を含めた9:00～15:00を実習時間、9:00～12:00を調理時間として、ガス使用量及び電気使用量を測定した。調理人数は15名、作業工程表に従って調理を行った。

2-2 供食条件

単一定食方式であり、各回110食を調理した。献立はTable 1に示す通りである。供食対象者は、学生および教職員であり、昼食1食分の給与栄養目標量はエネルギー700 kcal、タンパク質エネルギー比13～20%、脂質エネルギー比20～30%、食塩相当量2.3 g未満と設定した。

2-3 ガス使用量及び電気使用量の測定と一次エネルギー消費量の算定

測定に使用した機器はTable 2、機器の使用頻度はTable 3に示す。調理機器のうち、回転釜、ガスレンジ、ブラストチラーは全12回の実習全てにおいて使用し、スチコンは10回、炊飯器は8回、フライヤーは4回使用した。各調理機器にガス流量計・電力測定器を設置し、機器稼働中のガス使用量および電気使用量を1分毎に測定・記録した。LPガス（以下、ガス）及び電気によるエネルギー消費量は、「エネルギーの使用の合理化及び非化石エネルギーへの転換等に関する法律」（以下「省エネ法」）の定期報告書記入要領¹⁰⁾を参考に求めた。省エネ法では、ガス使用量及び電気使用量に各エネルギー種の一次エネルギー換算係数を用いて熱量換

算し、さらに原油換算係数を乗じて報告することになっている。ガスは、ガスの使用量（ m^3 ）に産気率 $1 \text{ m}^3 = 1/458 \text{ t}$ （LP ガス：ブタン・プロパン混合の場合）及びエネルギー換算係数である 50.1 GJ/t を乗じて、算出した。電気は、電気使用量（ kWh ）

に電気の全電源平均係数である 8.64 MJ/kWh （電気事業者からの売電）を乗じて算出した。計算式は右記に示す通りである。一次エネルギー消費量（ MJ ）は、ガス使用量及び電気使用量に一次エネルギー換算係数を乗じた値である。

Table 1 Menu provided

洋食 A	パン、マカロニスープ、ポークチャップ〔じゃがいものカレーソテー〕、ブロッコリーサラダ、フルーツヨーグルト
洋食 B	パン、ミルクスープ、チキンソテーマトソース〔ブロッコリー〕、マカロニサラダ、りんご寒天ゼリー
和食 C	ご飯、なすとえのきの味噌汁、メカジキのしそチーズフライ〔サニーレタス〕、オクラのお浸し、桃の寒天ゼリー
和食 D	ご飯、きのこわかめの味噌汁、メカジキのゴママヨ焼き〔ブロッコリー〕、厚揚げと野菜の煮物、ぶどう寒天ゼリー
中華 E	ご飯、たけのこ入り卵スープ、油淋鶏、ほうれん草のナムル、牛奶豆腐
中華 F	ご飯、たけのこわかめのスープ、厚揚げ入り回鍋肉、三色ナムル、黒ゴマ豆乳プリン
洋食 G	パン、コンソメスープ、チキンパン粉焼き〔サニーレタス〕、マカロニサラダ、フルーツヨーグルト
洋食 H	パン、マカロニスープ、チキンソテーガーリックソース〔小松菜のソテー〕、アスパラサラダ、レモン寒天ゼリー
和食 I	ご飯、豚汁、メカジキのフライ〔キャベツサラダ〕、わかめの酢の物、黒糖蒸しパン
和食 J	ご飯、じゃがいもの味噌汁、鯖の竜田揚げ〔キャベツとわかめの和え物〕、にんじんとピーマン炒め、ミルク寒天ゼリー
中華 K	ご飯、トマトと卵のスープ、麻婆豆腐、春雨サラダ、オレンジ寒天ゼリー
中華 L	ご飯、わかめとしいたけのスープ、豚肉とレンコンの炒め物、小松菜のナムル、豆花

Table 2 Equipment used

機器	熱源	総合消費電力/ガス消費量
スチームコンベクションオープン (icombiProFISP101E)		17.5 kW
フライヤー (SEFD-18K)	電気	定格消費電力 6.0 kW
ブラストチラー & フリーザー (FRBC121EW)		1.88 kW (冷却時)
炊飯器 (低輻射型 FRC22ND ・ 釜：直径 50 cm×高さ 18 cm：3 段)		40.2 kW
回転釜 (低輻射型 GHSX26 ・ 水入量 55 L・ステンレス)	LP ガス	23.3 kW
ガスレンジ (FGTNS186040 16.5×4 口)		66.0 kW
電力測定器 (Panasonic エネルギーモニター電力メーターユニット BT380010)		
ガス流量計 (YAZAKI ガスメーター EY25MT-ZL)		

フライヤーは NICHIIWA 社製、その他は Fujimak 社製

Table 3 Frequency with which cooking equipment is used

	スチコン	フライヤー	ブラストチラー	炊飯器	回転釜	ガスレンジ
洋食 A	3	—	1	—	1	4
洋食 B	2	—	1	—	1	5
和食 C	—	1	1	1	2	4
和食 D	1	—	1	1	2	4
中華 E	2	1	1	1	1	2
中華 F	1	—	1	1	1	5
洋食 G	3	—	1	—	1	1
洋食 H	2	—	1	—	1	7
和食 I	1	1	1	1	2	1
和食 J	1	1	1	1	1	4
中華 K	—	—	1	1	1	5
中華 L	2	—	1	1	1	3
合計	18	4	12	8	15	45

(回)

一次エネルギー消費量 (MJ)

LP ガス = ガス流量 (L) \div 1000 \times 50.1/458 \times 1000

電気 = 電気使用量 (kWh) \times 8.64 MJ/kWh

2-4 調理操作の違いによるエネルギー消費量の比較

エネルギー削減法の検討を行うために、調理操作を変更して調理を行い、エネルギー消費量を求めた。

2-4-1 煮物 (ガスレンジとスチコンの比較)

煮物の試料として、和食Dの厚揚げと野菜の煮物をガスレンジとスチコンを用いて調理し、比較した。材料と分量、切り方は同一とした。1人あたりの分量は、厚揚げ 50 g、人参 25 g、たけのこ 25 g、だし汁 30 g (食材重量の 30%)、濃口しょうゆ 5 g、酒 4 g、上白糖 3 g とし、110 人分を調理した。厚揚げは、1個あたり 25 g の角切り、人参とたけのこは1個あたり 12.5 g の乱切りにした。

大量調理では、アルミ製打ち出し鍋① (直径 54 cm \times 高さ 25.5 cm) を用いて加熱した。煮汁が沸騰した後、緩やかに沸騰が継続する火加減に調節し、時々攪拌しながら 73 分間加熱した。追加実験では、材料を5つのステンレス製ホテルパン (1/1 天板 外形寸法 53 \times 32.5 cm、板厚 6.5 cm) に均等に分け、スチコン (コンビモード 160℃、蒸気量 60%、30 分) で蓋をしめて加熱した。

2-4-2 茹で物 (ガスレンジとスチコンの比較)

茹で物の試料として、中華Eのほうれん草のナムル (スチコン) と中華Fの三色ナムル (ガスレンジ) を比較した。材料と分量、切り方は同一とした。1人あたりの分量は、ほうれん草 40 g、もやし 25 g、人参 10 g とし、110 人分を調理した。ほうれん草は、葉と茎共に 3 cm 長さに切り、人参は 3 cm 長さ、2 mm 幅のせん切りにした。

ほうれん草は、アルミ打ち出し鍋② (直径 48 cm \times 高さ 22.5 cm) を用い、沸騰水中で 5 分間ずつ 2 回に分けて加熱した。中華Eのほうれん草のナムルのもやし及び人参はそれぞれアルミ製穴あきバット (48 \times 28 \times 9.5 cm) に入れ、スチコン (スチームモード 99℃、蒸気量 100%、10 分) で加熱し、中華Fの三色ナムルは、もやし及びアルミ製打ち出し鍋②、人参がアルミ製打ち出し鍋③ (直径 42 cm \times 高さ 19 cm) を用いて、沸騰水中で 4 分間加熱した。茹で水が沸騰するまでは蓋をしめ、材料投入後は蓋をしないで加熱した。加熱後は、プラストチラーで 20℃ まで冷却した。

2-4-3 湯沸かし (回転釜とガスレンジの比較)

汁物は、調理工程によって、回転釜か鍋 (ガスレンジ) を選択した。汁物の水量を想定して、19.8 kgの水を回転釜及びアルミ製打ち出し鍋②で加熱、98℃に達してから 1 分間加熱を継続した。鍋蓋の使用、不使用についても検討した。

2-5 統計処理

SPSS Ver.29 (IBM) を用いて、統計処理を行った。湯沸かしにおける回転釜とガスレンジの比較については、一元配置分散分析において分散性を評価した後、Tukey の HSD による多重比較を行った。スチコン「蒸す」とガスレンジ「茹でる」及び回転釜「煮る」とガスレンジ「煮る」の比較については、Welch の t 検定を行った。有意水準はいずれも 5% とした。

3. 結果及び考察

3-1 実習時間 (9:00~15:00) におけるエネルギー消費量

全 12 回の給食経営管理実習における実習室の室温の平均は 25.8 \pm 0.5℃、湿度は 72.3 \pm 1.8%であった。

実習室に設置されている調理機器の熱源はガス式 (炊飯器、回転釜、ガスレンジ) と電気式 (スチコン、フライヤー、プラストチラー) に区分される。全 12 回の実習で消費したエネルギー消費量の合計は 3154.7 MJ、そのうちガス及び電気の割合は、ガス 64.9%、電気 35.1%とガスの方が高かった。各献立によってエネルギー消費量は異なり、各実習あたりのエネルギー消費量の平均値は、262.9 \pm 40.6 MJ であり、中華 E が 310.0 MJ と最も高く、洋食 G が 177.4 MJ と最も低かった。中華 E は、主菜でフライヤーを使用した。フライヤーの洗浄に使用する湯をガスレンジで沸かしたため、エネルギー消費量が高くなった。調理時間と洗浄時間のエネルギー消費量の割合は、それぞれ 86.7%、13.3%であった。洗浄時間では、スチコンとプラストチラーの自動洗浄を行った。これらの機器の洗浄には、長時間を費やし、測定時間内に終了しないため、洗浄にかかったエネルギー消費量は一部である。

給食施設では、食器洗浄機、食器消毒保管庫、まな板消毒保管庫など調理器具や食器を洗浄・殺菌・保管するための機器が設置されている。大量調理に

Table 4 Energy consumption and operating time of cooking equipment during cooking

	スチコン	フライヤー	プラストチラー	炊飯器	回転釜	ガスレンジ	合計
洋食 A	電気使用量(kWh)	8.3	1.6				9.9
	ガス使用量(m ³)				0.42	0.90	1.32
	稼働時間(分)	42.0	180.0		28.0	83.0	333.0
	1次エネルギー消費量(MJ)	71.7	13.8		45.6	98.7	229.8
洋食 B	電気使用量(kWh)	5.2	2.0				7.2
	ガス使用量(m ³)				0.47	1.09	1.56
	稼働時間(分)	33.0	180.0		43.0	184.0	440.0
	1次エネルギー消費量(MJ)	44.9	17.3		51.9	119.2	233.2
和食 C	電気使用量(kWh)		4.0	2.1			6.1
	ガス使用量(m ³)			0.25	0.63	0.54	1.41
	稼働時間(分)		53.0	180.0	15.0	44.0	359.0
	1次エネルギー消費量(MJ)		34.6	18.1	26.8	68.8	207.2
和食 D	電気使用量(kWh)	3.9		1.9			5.8
	ガス使用量(m ³)			0.27	0.70	1.04	2.01
	稼働時間(分)	21.0		180.0	19.0	146.0	426.0
	1次エネルギー消費量(MJ)	33.7		16.4	29.6	76.1	269.9
中華 E	電気使用量(kWh)	3.1	6.3	2.4			11.8
	ガス使用量(m ³)			0.23	0.47	0.63	1.33
	稼働時間(分)	14.0	97.0	180.0	32.0	40.0	436.0
	1次エネルギー消費量(MJ)	26.8	54.4	20.7	25.6	51.5	247.9
中華 F	電気使用量(kWh)	2.1		2.6			4.7
	ガス使用量(m ³)			0.25	0.29	1.43	1.97
	稼働時間(分)	14.0		180.0	17.0	23.0	378.0
	1次エネルギー消費量(MJ)	18.1		22.5	27.2	31.8	256.6
洋食 G	電気使用量(kWh)	7.0		2.5			9.5
	ガス使用量(m ³)				0.49	0.23	0.72
	稼働時間(分)	38.0		180.0	43.0	24.0	285.0
	1次エネルギー消費量(MJ)	60.5		21.6	53.5	24.8	160.4
洋食 H	電気使用量(kWh)	5.2		2.3			7.5
	ガス使用量(m ³)				0.47	1.56	2.02
	稼働時間(分)	29.0		180.0	33.0	189.0	431.0
	1次エネルギー消費量(MJ)	44.9		19.9	51.1	170.2	286.1
和食 I	電気使用量(kWh)	3.5	5.7	1.1			10.3
	ガス使用量(m ³)			0.25	0.70	0.16	1.11
	稼働時間(分)	28.3	60.0	180.0	28.0	63.0	377.3
	1次エネルギー消費量(MJ)	30.2	49.2	9.5	27.3	76.8	210.5
和食 J	電気使用量(kWh)	1.9	5.0	2.0			8.9
	ガス使用量(m ³)			0.25	0.29	0.75	1.29
	稼働時間(分)	19.0	83.0	180.0	17.0	24.0	443.0
	1次エネルギー消費量(MJ)	16.4	43.2	17.3	27.3	31.8	217.7
中華 K	電気使用量(kWh)			2.0			2.0
	ガス使用量(m ³)			0.24	0.36	0.88	1.48
	稼働時間(分)			180.0	16.0	28.0	338.0
	1次エネルギー消費量(MJ)			17.3	26.4	38.9	178.7
中華 L	電気使用量(kWh)	4.6		2.8			7.4
	ガス使用量(m ³)			0.24	0.35	0.99	1.59
	稼働時間(分)	28.0		180.0	18.0	25.0	374.0
	1次エネルギー消費量(MJ)	39.7		24.2	26.3	38.6	237.3
全12回 合計	電気使用量(kWh)	44.8	21.0	25.3			91.1
	ガス使用量(m ³)			1.98	5.64	10.19	17.81
	稼働時間(分)	266.3	293.0	2160.0	162.0	454.0	4620.3
	1次エネルギー消費量(MJ)	387.1	181.4	218.6	216.6	616.5	2735.4
実習1回 あたり	電気使用量(kWh)	4.5 ± 2.0	5.3 ± 1.0	2.1 ± 0.5			7.6 ± 2.7
	ガス使用量(m ³)			0.25 ± 0.01	0.47 ± 0.14	0.85 ± 0.42	1.48 ± 0.39
	稼働時間(分)	26.6 ± 9.6	73.3 ± 20.4	180 ± 0	20.3 ± 6.2	37.8 ± 13.5	385.0 ± 51.0
	1次エネルギー消費量(MJ)	38.7 ± 17.6	45.4 ± 8.5	18.2 ± 4.0	27.1 ± 1.2	51.4 ± 15.6	227.9 ± 36.1
	稼働時間あたり 1次エネルギー消費量	1.44 ± 0.31	0.64 ± 0.13	0.10 ± 0.02	1.43 ± 0.35	1.38 ± 0.15	0.59 ± 0.07

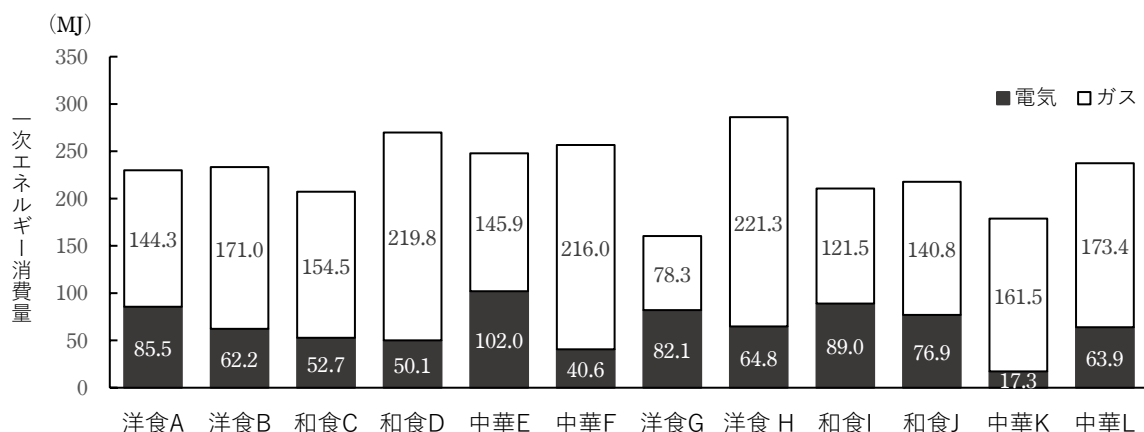


Fig.1 Energy consumption of each menu during cooking time

Table 5 Energy consumption and operating time of each cooking appliance by cooking operation

機器	調理操作	頻度 (回)	一次エネルギー消費量 (MJ)	稼働時間 (分)	稼働時間あたりの 一次エネルギー消費量 (MJ/分)	一次エネルギー消費量 合計(MJ)	稼働時間 合計(分)
スチコン	蒸す(スチーム)	9	19.9±6.7	14.4±3.7	1.41±0.41	178.8	129
	焼く(コンビ)	5	32.7±2.4	21.0±2.2	1.57±0.15	163.3	105
	加温(コンビ)	4	11.2±2.7	8.0±2.6	1.43±0.13	44.9	32
フライヤー	揚げる	4	45.4±8.5	73.3±20.4	0.64±0.13	181.4	293
炊飯器	炊飯	8	27.1±1.2	20.3±6.2	1.43±0.35	216.6	162
回転釜	煮る	8	44.2±10.6	34.9±7.3	1.27±0.22	353.5	279
	炒める	4	35.3±4.0	25.0±2.2	1.41±0.09	141.2	100
	だしをとる	3	40.6±7.3	25.0±6.6	1.69±0.49	121.7	75
ガスレンジ	茹でる	21	28.7±11.7	29.2±10.9	1.06±0.64	602.2	613
	加温	10	17.1±7.8	19.8±8.9	0.87±0.16	171.2	198
	煮る	7	34.1±14.7	50.4±16.2	0.69±0.21	238.9	353
	湯通し	4	14.2±3.2	16.5±4.2	0.87±0.10	56.6	66
	炒める	2	14.4	20.0	0.72	14.4	35
	だしをとる	1	31.9	35.0	0.91	31.9	20

Mean ± SD, 蒸す(スチーム)VS 茹でる, 回転釜(煮る)VS ガスレンジ(煮る), Welch's t test, *: p<0.05

Table 6 Energy consumption during preheating and heating times for each cooking operation

機器	調理操作	設定温度 蒸気量	頻度 (回)	稼働時間(分)			一次エネルギー消費量(MJ)		
				予熱	加熱	合計	予熱	加熱	合計
スチコン	蒸す (スチーム)	99°C・100%	9	4.0±1.2	10.4±3.5	14.4±3.7	8.8±3.1	11.0±4.3	19.9±6.7
	焼く (コンビ)	180°C・50%	5	3.6±1.3	17.4±1.8	21.0±2.2	5.5±2.8	27.1±4.3	32.7±2.4
	加温 (コンビ)	120°C・20%	4	3.0±1.2	5.0±1.6	8.0±2.6	4.8±2.1	6.5±0.9	11.2±2.7
フライヤー	揚げる	170~180°C	4	16.8±1.5	56.5±18.9	73.3±20.4	14.9±1.5	30.5±7.3	45.4±8.5
ガスレンジ	茹でる	98°C	20	20.0±9.0	9.5±6.5	29.5±11.1	20.4±10.3	8.5±6.4	28.9±11.9
	湯通し		4	12.3±4.6	4.3±1.0	16.5±4.2	10.8±2.9	3.4±1.9	14.2±3.2

Mean ± SD, 蒸す(スチーム)VS 茹でる, Welch's t test, *: p<0.05

Table 7 Energy consumption by cooking category

	主食	汁物	主菜*	(付け合わせ)	副菜	デザート	合計
洋食 A	7.8	62.0	81.6	(45.3)	64.7	—	216.0
洋食 B	13.0	51.9	87.1	(25.4)	43.4	20.6	216.0
和食 C	26.8	68.8	34.6	—	45.3	13.7	189.1
和食 D	29.6	76.1	52.6	(18.9)	81.7	13.5	253.5
中華 E	25.6	51.5	54.4	—	65.9	29.7	227.1
中華 F	27.2	43.5	50.0	—	102.9	10.4	234.1
洋食 G	10.4	53.5	30.2	—	44.7	—	138.8
洋食 H	13.8	70.0	109.5	(62.2)	55.6	17.3	266.2
和食 I	27.3	76.8	49.2	—	17.4	30.2	201.0
和食 J	27.3	52.3	69.8	(26.6)	31.8	19.0	200.4
中華 L	26.4	31.2	38.9	—	48.7	16.3	161.5
中華 M	26.3	37.7	49.8	—	71.8	27.5	213.1
実習 1 回あたり	21.8±8.0	56.3±14.8	59.0±23.6	(35.7±17.8)	56.2±23.0	16.5±10.0	209.7±35.8

Mean ± SD、*主菜は付け合わせのエネルギー消費量を含む

(MJ)

におけるエネルギー削減法を検討するためには、これらの機器類が消費するエネルギー消費量も把握する必要があるが、実習室ではできない。しかし、洗浄作業によって消費するエネルギーは大きいと推察される。給食施設において省エネルギー化を実現するためには、調理機器だけではなく、洗浄に関わる機器や使用水量などを把握し、総合的に検討する必要がある。

3-2 調理時間 (9:00～12:00) におけるエネルギー消費量

調理時間に測定した各献立のガス使用量、電気使用量、稼働時間、一次エネルギー消費量を Table 4 に示す。全 12 回の実習で消費したエネルギー消費量は、2735.4 MJ であり、そのうちガスと電気の割合は、ガスが 71.2%、電気が 28.8%とガスの方が高かった。調理機器で最もエネルギーを消費したのは、ガスレンジの 1115.2 MJ であり、調理時間内に消費したエネルギー全体の 40.8%を占めた。ガスレンジは、「茹でる」や寒天ゼリーの加熱・溶解などの「加温」、「煮る」、「湯通し」など様々な用途に使用し、使用頻度が 45 回と高かったことが理由である (Table 3)。

その他の機器のエネルギー消費量の割合は、回転釜 22.5%、スチコン 14.2%、プラストチラー 8.0%、炊飯器 7.9%、フライヤー 6.6%であった。フライヤーは 4 回の使用頻度であったため、エネルギー消費量が最も低かった。実習 1 回あたりのエネルギー

消費量の平均値は 227.9±36.1 MJ であった。

各献立のガス及び電気の一次エネルギー消費量を Fig.1 に示す。献立によってエネルギー消費量やガス及び電気のエネルギー消費量は異なった。洋食 H が 286.1 MJ と最も高く、洋食 G は 160.4 MJ と最も低かった。各献立のエネルギー消費量は、ガスレンジの使用頻度が影響していると考えられ、洋食 H は 7 回と高く、洋食 G は 1 回と低かった (Table 3)。

調理操作別のエネルギー消費量を Table 5 に示す。エネルギー消費量の平均値は、フライヤー「揚げる」が 45.4±8.5 MJ と最も高く、スチコン「加温」が 11.2±2.7 MJ と最も低かった。ガスレンジ「茹でる」の操作頻度は 21 回、エネルギー消費量の合計も 602.2 MJ と最も高かった。稼働時間あたりのエネルギー消費量は、回転釜「だしをとる」1.69±0.49 MJ/分が最も高く、フライヤー「揚げる」0.64±0.13 MJ/分が最も低かった。ガスレンジ「茹でる」と比較して、スチコン「蒸す」は、稼働時間が短く、エネルギー消費量が有意に低かった。また、回転釜「煮る」と比較して、ガスレンジ「煮る」は、稼働時間が有意に長かったが、エネルギー消費量は低い傾向が見られた。

調理機器・調理操作別の予熱・加熱時間とそれらのエネルギー消費量を Table 6 に示す。「茹でる」や「揚げる」調理については、茹で水や揚げ油の予熱が伴うため、エネルギー消費量は高かった。予熱のエネルギー消費量の割合は、エネルギー消費量合計に対して、「茹でる」が 70.6%、「揚げる」が 32.8 %

を示した。「茹でる」は、予熱時間は長いが、加熱時間が短いことから、予熱のエネルギー消費量の割合が高かった。「揚げる」は予熱時間も長く、エネルギー消費量も高かったが、加熱時間が長く、稼働時間全体が長くなったことから、予熱のエネルギー消費量の割合は低かった。また、「茹でる」と比較して、「蒸す」のエネルギー消費量が有意に低くなったのは、稼働時間のうち、予熱時間が短く、予熱にかかるエネルギー消費量も有意に低かったことが影響していると考ええる。

スチコンは、加熱モードや設定温度・蒸気量によって、稼働時間やエネルギー消費量が異なった。フライヤーやガスレンジと比較して、スチコンは予熱時間が短く、予熱にかかるエネルギー消費量も低かったが、コンビモード 180℃、蒸気量 50%は、加熱時間が長く、エネルギー消費量は高かった。

料理区分別のエネルギー消費量を Table 7 に示す。主菜のエネルギー消費量の平均値は 59.0 ± 23.6 MJ と最も高く、全献立のエネルギー消費量合計の 28.1%を占めた。その他、汁物 26.8%、副菜 26.8%、主食 10.4%、デザート 7.9%であった。主菜は、肉や魚の加熱調理だけではなく、ソースや付け合わせの調理を含むため、エネルギー消費量が高くなった。主菜の提供回数は、焼き物 5 回、揚げ物 4 回、炒め物 3 回であり、エネルギー消費量の平均値はそれぞれ焼き物 32.7 ± 2.4 MJ、炒め物 35.3 ± 4.0 MJ、揚げ物 45.4 ± 8.5 MJ と揚げ物が高かった。家庭調理の場合、「炒める」、「揚げる」のような乾式調理法は、CO₂排出量が少ないという報告¹¹⁾があるが、「揚げる」も「茹でる」と同様に予熱時間が長く、エネルギー消費量が高かった。揚げ物調理は、約 16 kg の油が設定温度に達するまでに約 17 分間かかった。実習では、油温が設定温度に達した後、速やかに調理を行った。中華 E の主菜である油淋鶏の鶏肉は、1 個あたり約 25 g と小さく、油に投入した回数が多くなったため、揚げ物の中で加熱時間が最も長くなった。揚げ物は、揚げ油の量に対して、食材の投入量を標準化することが、油温の低下を防ぎ、加熱時間の短縮や品質管理においても重要である。適正量の食材を投入し、加熱回数を減らし、加熱時間を短縮することがエネルギー削減につながると考える。

また、実習では、食中毒予防のために十分に加熱したが、過剰に加熱した可能性もある。「大量調理施設衛生管理マニュアル」¹²⁾では、中心温度 75℃で 1

分間以上の加熱を行うことが求められている。先行研究では、豚ヒレ肉をオープン 230℃と 270~280℃設定で、中心温度が 75℃かつ 1 分間に至るまで加熱した後、室温に放置しても温度上昇が続くこと¹³⁾、また、一次加熱済みの冷凍ハンバーグをスチコン（コンビモード 170℃、蒸気量 60%）で加熱を行い、試料の中心温度が 75℃に達した時点で取り出した場合、余熱により中心温度が上昇したことが報告されている¹⁴⁾。いずれも大量調理の条件下ではないが、過剰に加熱することが、エネルギーの過剰消費や調理品の品質低下につながることから、大量調理の余熱の効果を考慮し、加熱温度や時間の適正化を図ることが、エネルギー消費量の削減につながると考える。

スチコンのコンビモードは、蒸気と熱風を組み合わせる調理モードである。実習では、熱の通りが早く、食材の縮みやバサつき、焦げ付きを防ぐという特徴をいかして、主菜の肉や魚の加熱調理全てにコンビモードを使用した。スチコンの加熱モード別にエネルギー消費量を比較した先行研究によると、水温上昇やバター生地凝固にかかる電力消費量は、ホットエアーモードと比較して、コンビモードの方が高いとの報告がある¹⁵⁾。一方で、鶏肉の焼き調理におけるスチコンの加熱モード別にガス消費量を比較した研究では、ホットエアーモードと比較して、コンビモードの方が中心温度 75℃に達する時間が短く、ガス使用量も少ないという報告もある⁹⁾。コンビモードを使用することの利点は多いが、一方で過大評価していることも考えられる。実習では、コンビモードとホットエアーモードにおけるエネルギー消費量の比較・検討はできなかったが、スチコンを用いたエネルギー削減法を考案するためには、加熱モード別のエネルギー消費量や出来上がった調理品の品質を比較・検討する必要がある。

また、スチコンの稼働時間あたりのエネルギー消費量はガスレンジと比較して高かった。ガスレンジの代わりとしてスチコンの使用頻度が高くなると、また、加熱時間が長くなるとエネルギー消費量が増加する可能性もある。スチコンは、火加減の調節が必要なガスレンジや回転釜などの調理機器よりも加熱温度や加熱時間の標準化がしやすく、作業効率向上を図りやすいなど利点が多いことから、適正な活用が求められる。

汁物は、主に回転釜を使用するが、主菜が炒め物

の場合は鍋（ガスレンジ）を使用した。汁物の調理は、回転釜 8 回、鍋 4 回を使用した。回転釜を使用した場合のエネルギー消費量の平均値は 62.5 ± 10.6 MJ、鍋は 37.5 ± 6.2 MJ であり、鍋を使用の方がエネルギー消費量は低かった。これは、回転釜の方が、最大ガス消費量が高いためである。

副菜は、和え物・サラダ 10 回、煮物・炒め物を 1 回ずつ提供し、エネルギー消費量の平均値は、和え物・サラダ 56.0 ± 22.5 MJ、煮物 81.7 MJ、炒め物 31.8 MJ であった。和え物・サラダは、「茹でる」や「蒸す」といった調理操作が複数組み合わせられていることが多く、エネルギー消費量が高くなった。

主食は、パン 4 回（洋食）、ご飯 8 回（和食・中華）を提供し、エネルギー消費量の平均値はパン（スチコン・コンビモードで加温） 11.2 ± 2.7 MJ、炊飯（炊飯器） 27.1 ± 1.2 MJ とパンの方がエネルギー消費量は低かった。

デザートは、寒天ゼリー 9 回、蒸しパン 1 回、フルーツヨーグルト 2 回を提供し、エネルギー消費量の平均値は寒天ゼリー 18.7 ± 6.4 MJ、蒸しパン 30.2 MJ であり、非加熱料理のフルーツヨーグルトはエネルギーを消費しなかった。

提供した献立の中では、洋食 H が最もエネルギーを消費した。特に、主菜のチキンソテーガーリックソースのエネルギー消費量が高く、献立全体の約 41% を占めた。主菜は、ソース、小松菜のソテーで「煮る」「茹でる」「炒める」、副菜も「茹でる」工程を複数組み合わせ、ガスレンジを多用したことがエネルギー消費量を高める原因になったと考える。次に、中華 F のエネルギー消費量が高かった。副菜の三色ナムルに使用した 3 つの食材をそれぞれ鍋で茹でたことが影響した。一方で、洋食 G は、エネルギー消費量が最も低くなった。主食がパンであり、炊飯と比較してエネルギー消費量が低かったこと、主菜の付け合わせとデザートが非加熱であったことが影響した。非加熱で提供できる料理を組み合わせると、献立全体のエネルギー消費量も低くなることから、エネルギー消費量を削減するためには、献立上のエネルギー消費の観点からの配慮も必要である。

エネルギー消費量の高かった料理を Table 8 に示す。チキンソテーガーリックソース（洋食 H）と三色ナムル（中華 F）はエネルギー消費量が高く、前述の通り、献立全体のエネルギー消費量を高める一因となった。チキンソテートマトソース（洋食 B）

Table 8 Menus with high energy consumption

料理名	MJ
チキンソテーガーリックソース*	109.5
三色ナムル	102.9
チキンソテートマトソース*	87.1
厚揚げと野菜の煮物	81.7
ボークチャップ*	81.6
豚汁	76.8
きのこわかめの味噌汁	76.1
小松菜のナムル	71.8
マカロニスープ	70.0
鯖の竜田揚げ*	69.8

*主菜は付け合わせのエネルギー消費量を含む

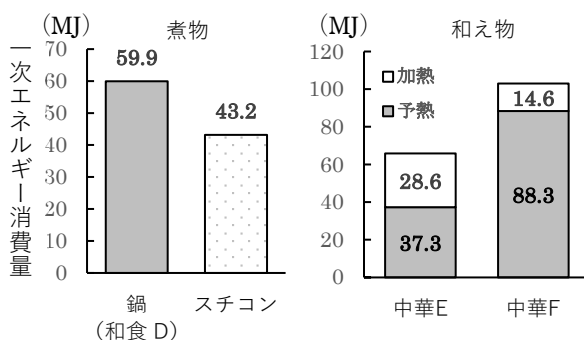
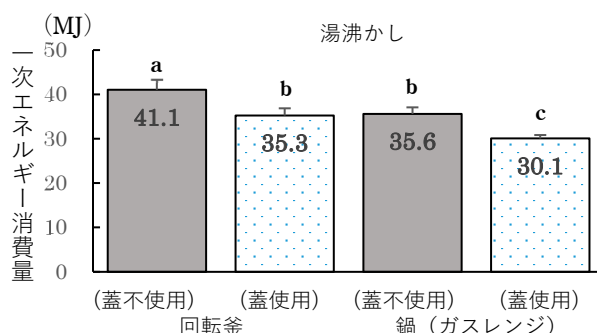


Fig. 2 Energy Consumption by Cooking Operations for Simmered and dressed vegetables



異なるアルファベット間に有意差あり ($p < 0.05$)

Fig. 3 Energy consumption until water boils in each cooking appliance (n=3, Mean \pm SD, Tukey-HSD)

Table 9 Water temperature before heating, time to boil, evaporation rate

	水温(°C)	時間(分)*	蒸発率(%)
回転釜 (蓋不使用)	22.1 \pm 5.5 ^a	26.3 \pm 1.2 ^a	9.9 \pm 2.0 ^a
回転釜 (蓋使用)	21.7 \pm 4.7 ^a	22.7 \pm 1.5 ^b	5.9 \pm 0.8 ^{ab}
ガスレンジ (蓋不使用)	22.1 \pm 5.1 ^a	34.7 \pm 1.5 ^c	6.7 \pm 0.3 ^{ab}
ガスレンジ (蓋使用)	22.2 \pm 4.2 ^a	29.7 \pm 0.6 ^d	3.9 \pm 2.8 ^b

*98°Cに達するまでの時間 n=3, Mean \pm SD, Tukey-HSD
異なるアルファベット間に有意差あり ($p < 0.05$)

は、鶏肉をスチコンで加熱したエネルギー消費量に加えて、トマトソースや付け合わせの茹でブロッコリーを調理したエネルギー消費量を含む。「煮る」「茹でる」など複数の調理操作を組み合わせるとエネルギー消費量が高くなった。

3-3 調理操作の違いによるエネルギー消費量の比較

エネルギー消費量の削減法を明らかにするにあたって、調理操作の頻度やエネルギー消費量の高かったガスレンジの「煮る」と「茹でる」に着目し、副菜の煮物と和え物の調理操作を変更してエネルギー消費量を比較した。

煮物は実習のデータ(和食D副菜)と同じ材料、使用量を用いて、スチコン(コンビモード)で追加実験を行い、比較した(Fig.2)。実習では、鍋に全材料を投入し加熱した結果、材料が重なり合ったため均一な加熱ができず、煮汁の蒸発も抑制されたことから、予定時間の30分を超え、2倍以上の73分と長時間の加熱を要した。一方、スチコン調理では、5つのホテルパンへ試料を均等に分け加熱し、設定時間通りの30分で終了することができた。鍋で調理した煮物は、加熱時間が長くなったため、エネルギー消費量は59.9 MJと高くなり、スチコンの43.2 MJと比べ高くなった。

大量調理の煮物は、過加熱や攪拌によって生じる煮崩れが品質管理上の課題である。スチコンを使用した煮物は、加熱途中の攪拌や味見ができないが、調理条件を標準化すれば、煮崩れもなく仕上げるができる。以上の結果より、スチコンを使用することが、エネルギー削減につながり、かつ品質管理上も有効であることが示唆された。

中華Eと中華Fの副菜は、料理名は異なるが、材料の分量、切り方は同一である。ほうれん草はどちらも鍋(ガスレンジ)で加熱し、にんじんとともに中華Eがスチコン(スチームモード)、中華Fは鍋で加熱し、エネルギー消費量を比較した(Fig.2)。その結果、スチコンを併用した中華Eのエネルギー消費量は65.9 MJ、中華Fは102.9 MJと中華Eの方がエネルギー消費量は低かった。

スチコンは、異なる食材であっても同時加熱が可能であることが利点である。中華Fと比較して、中華Eは、特に予熱時間が短く、予熱のエネルギー消費量及びエネルギー消費量の合計も低くなった。ガスレンジで「茹でる」の代わりにスチコン(スチー

ムモード)で「蒸す」あるいは「茹でる」と「蒸す」を併用することが、作業効率を高め、エネルギー削減につながることを示唆された。

回転釜と鍋(ガスレンジ)を用いた湯沸かしの実験について、蓋を使用した方が、不使用と比較して、短時間で98℃まで達し、蒸発率は低かった(Table 9)。さらに、蓋を使用した方がエネルギー消費量は有意に低くなり、回転釜は14.1%、鍋は15.4%削減できた(Fig.3)。蓋の使用は、加熱時の放熱を防止し、加熱効率を高めるためであり、CO₂排出量削減に効果的であることが報告されており¹⁶⁾、本研究においても同様の効果が見られた。実習中は、回転釜や鍋で湯を沸かす時に、だしをとる操作以外では、蓋を使用していたことから、エネルギー消費量に及ぼす影響は小さかったと考える。

鍋と比較して、回転釜の方が98℃まで達する時間が短く、エネルギー消費量は有意に高かった。これは、前述の通り、回転釜の最大ガス消費量が高いことが理由である。回転釜の代わりに、鍋を使用することで、加熱時間は有意に長くなるが、時間配分を考慮し、適宜選択して使用することがエネルギー削減につながると考える。そのためには、食材の量に対して適切な茹で水の量と鍋の大きさ、加熱時間を標準化する必要がある。また、強火全開と鍋底から火が出ない火力では、鍋底から火が出ない火力の方が加熱時間は長くなるが、CO₂削減効果が大きいとの報告⁸⁾もあることから、必要以上の強火加熱を継続しないよう意識する必要がある。

今回の結果から、各調理操作のエネルギー消費量を把握し、献立に適した調理機器を選択すること、調理条件を標準化し、余熱を考慮した加熱温度や加熱時間の適正化を図ること、非加熱調理を取り入れるなど献立上のエネルギー的な配慮が大量調理における省エネルギー化を図るためには重要であることが示された。

4. 研究の限界

本研究は、大学の給食経営管理実習で得られたデータを検討したものであり、設置機器および熱源が限定されているため、全ての施設に適用できるわけではない。また、調理によるエネルギー消費量は、データ取得時の実習室内の温度や湿度、水温をはじめ、機器の新旧などによって影響を受ける。本研究で用いた回転釜、炊飯器、スチコン、プラストチ

ラーについては、数年以内に購入した比較的新しい仕様であり、旧型の機器よりも省エネルギー化がなされているものとする。先行研究によると、スチコンの電源をいれたままにした場合、多くのCO₂を排出していた⁸⁾との報告がある。実習室のスチコンは、電源を立ち上げたままの状態でもエネルギーは消費しなかった。施設の使用実態に応じた調理機器の選定を行い、適宜新しい機器への入れ替えを検討することも省エネルギー化を図る上では重要であるとする。

5. 引用文献

- 1) 外務省：「持続可能な開発目標 SDGs とは」
<https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/about/index.html>（閲覧日 2024 年 9 月 15 日）
- 2) 環境省 地球温暖化対策計画（令和 3 年 10 月 22 日閣議決定）<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/keikaku/211022.html>（閲覧日 2024 年 9 月 15 日）
- 3) 環境省 脱炭素ポータル https://ondankataisaku.env.go.jp/carbon_neutral/topics/feature-06.html（閲覧日 2024 年 10 月 2 日）
- 4) 三神彩子、喜多記子、松田麗子、十河桜子、長尾慶子：日常調理における調理操作の違いが消費エネルギーおよびCO₂削減に及ぼす影響、日本調理科学会誌、**42**(5)、300-308（2009）
- 5) 三神彩子、赤石記子、井上理一郎、長尾慶子：調理の基本操作における省エネ行動によるCO₂排出量削減効果の定量化、日本家政学会誌、**71**(10)、648-656（2020）
- 6) 池田昌代、加藤亜由美、武田知江美、山形純子、伊與田浩志、細田明美、関千代子、君羅 満：給食経営管理実習における調理機器の使用実態とガス消費量の把握、日本家政学会誌、**64**(5)、233-242（2013）
- 7) 山形純子、伊與田浩志、山岸あづみ、赤尾 正、菊崎泰枝、西村伸也、藤原政嘉：大量調理施設におけるエネルギー消費意識の実態調査と管理栄養士養成課程の学内給食実習におけるエネルギー消費量「見える化」の試み、日本給食経営管理学会誌、**5**(1)、29-37（2011）
- 8) 小池 恵、鈴木彩葉、瀬戸美江：大量調理時のCO₂排出量の見える化および削減法の提案、日本食育学会誌、**11**(2)、209-217（2017）
- 9) Masayo IKEDA, Satoko AKIYAMA, Hiroko SUZUNO : Selection of Cooking Equipment Consideration of Energy Conservation in Mass Cooking : Case Study Using Heated Chicken Meat, Journal of home economics of Japan, **74**(2), 63-75（2023）
- 10) 資源エネルギー庁・省エネルギー・新エネルギー部、省エネルギー課：－2024 年度版－省エネルギー法 定期報告書・中長期計画書（特定事業者等）記入要領（最終改正：2024 年 6 月 28 日策定）（閲覧日 2024 年 10 月 2 日）
- 11) 津田淑江、久保倉寛子、辻本 進、大塚千恵子：モデルメニューによる日本の食事の LC-CO₂評価、日本 LCA 学会、**3**(3)、157-167（2007）
- 12) 厚生労働省：「大量調理施設衛生管理マニュアル」の改正について（平成 28 年 7 月 1 日生食発第 701005 号）（閲覧日 2024 年 10 月 2 日）
- 13) 日本調理科学会科学調理研究会、研究グループ：肉類の加熱における余熱の有効利用 日本調理科学会誌、**44**(1)、72-78（2011）
- 14) 齊夢恬、松月弘恵：加熱条件の違いによる食品の中心温度の推移の検討、日本女子大学大学院紀要 家政学研究科・人間生活学研究科、**28**、129-138（2021）
- 15) 肥後温子、寺本あい、富永暁子、井部奈生子：スチームコンベクションオープンの加熱モード別エネルギー消費量比較の試み、日本調理科学会誌、**46**(3)、221-230（2013）
- 16) 津田淑江、井元りえ、木下枝穂、大塚千恵子：持続可能な食生活を目指した食教育プログラムの開発（第 1 報）献立におけるライフサイクルエネルギーの算出、日本家政学会誌、**56**(8)、541-551（2005）