◇◇◇◇ 原著論文 ◇◇◇◇

食品廃棄物の凍結・解凍・脱水処理のための凍結脱水機の試作

四宮陽子^{1,†}, 宮脇長人²

¹ 実践女子大学生活科学部食生活科学科, ² 石川県立大学生物資源環境学部食品科学科

A Test Apparatus for Freezing-thawing Dehydration of Food Wastes

Yoko SHIMIYA^{1,†} and Osato MIYAWAKI²

¹ *Department of Food and Health Sciences, Jissen Women's University, 4-1-1, Osakaue, Hino-shi, Tokyo 191-8510, Japan*

² *Department of Food Science, Ishikawa Prefectural University, 1-308, Suimatsu, Nonoichi, Ishikawa 921-8836, Japan*

Freezing-thawing-dehydration technique is expected as a safe and energy-saving method for the treatment of food waste. A test apparatus was made by combining an electric cleaning machine with centrifuge and a refrigerator for the treatment of food waste in several kilogram scale. Food waste was frozen at -20 °C, thawed at room temperature, and centrifuged at 142 xg. Twenty-five food waste samples, including vegetables and fruits with skins and cores, and gel materials, were treated by this apparatus. As a result, the average water content decreased from 88.38% to 74.57% to reduce the residual weight fraction down to 46.62%. In addition, food wastes and leftovers of 130 meals for 3 days in “Practice of Feeding Management II” a practical exercise in J women's university, were effectively dehydrated to reduce their average weight to 53% except 1 leftover. Freezing-thawing-dehydration treatment prevents decomposition of food waste free from offensive odor. Thus this method is expected to be applicable widely for recycle, transportation, and incineration of food wastes.

Keywords: freezing-thawing-dehydration, freezing-dehydrating machine, food waste reduction, food waste dehydration, composting of food waste

1. 緒 言

平成 13 年 5 月に「食品リサイクル法」(食品資源の再生利用等の促進に関する法律)が施行され [i], 年間 100 トン以上の食品廃棄物を排出する事業者に対して 5 年間で 20% の排出減を義務付けた。その結果, 平成 15 年度は食品産業(食品製造業, 食品卸売業, 食品小売業, 外食産業)計の再生利用等の実施率が 45% [ii] と, まずまずの数値が挙げられている。しかし食品製造業の廃棄物は産業廃棄物として扱われていたため, 平成 8 年の厚生省(当時)資料に基づく農林水産省の推計ですでに焼却以外の再利用率が 48% であり [i], 平成 15 年度には 71% に達していたので [ii], これを除いた食品産業の再生利用等の実施率計は, 30% と下がってくる [ii]。また, 食品廃棄物発生の内訳は [i], 産業廃棄物(食品製造業) 340 万トン/年, 一般廃棄物事業系 600 万トン

／年, 一般廃棄物家庭系 1000 万トン／年と家庭系が多いが, 家庭系は「食品リサイクル法」の対象外であり, 有効な手段は取られていないので全体の食品廃棄物減量には疑問が残る。今後さらに排出現場での減量・減容化の必要性が高まるが [1], そのためには家庭などにおける原点処理に利用できる小規模でも使用可能で安全かつ省エネルギー的な方法の開発が望まれる。

現在, 生ごみ減量を目的として市販されている生ごみ処理機にはバイオ方式(微生物による分解方式)と乾燥方式がある [iii]。これらは発生した生ごみをなるべく簡単に安価に 0 にする, という発想で作られており, 発想の根本は焼却処分と同質である。しかし食品廃棄物(生ごみ)は有機物であり, 飼料, 肥料, メタンガス, 油脂などの資源として利用可能な物質であるので, 0 にするのではなく有効に利用することを考慮した処理が必要と考えられる。

食品廃棄物は水分が多いので, 重量が重いだけでなく腐敗変質やにおいが問題になる。したがって, 発生直後の小規模の段階で, ある程度脱水できると次の処理がスムーズになる。前報では家庭など小規模でも使用可能な方法として, 凍結・解凍を利用した食品廃棄

(受付 2005 年 6 月 29 日, 受理 2005 年 11 月 28 日)

1 〒 191-8510 東京都日野市大坂上 4-1-1

2 〒 921-8836 石川県石川郡野々市町末松 1-308

† Fax: 042-585-8818, E-mail: yshimiya@univ.jissen.ac.jp

物の脱水処理を提案した [2]. この方法は食品廃棄物を凍結することにより, 氷結晶生成による細胞構造破壊, 凍結変性, 凍結濃縮, 水和構造の変化などが生じ, 解凍後に脱水されやすくなることを利用した方法である. 食品の凍結・解凍による物性や細胞構造変化については, 複素インピーダンスとレオロジ測定による報告がある [3-5]. さらに凍結・解凍・脱水法は乾燥と比較して省エネルギー的であり, 凍結により腐敗やにおい発生を防止できる利点もある. 前報では荷重圧搾機と遠心分離機を用いて 20 g 程度の小規模実験を行ったが, 測定した約 40 種の食品および調理くずに対して処理前の平均水分含量 86.0% から処理後平均水分含量 76.9%, 平均残さ重量比 54.5% の結果が得られた. そこで本実験では凍結・解凍・脱水法の実用化に向けて, 数 kg 程度の食品廃棄物処理が可能な凍結脱水機を試作して, 実際の給食提供の場における食品廃棄物処理を行い, その効果について検討した.

2. 実 験

2.1 試料

野菜や果物は市販品を用い, 水分含量 90% 以上の野菜 11 種, 水分含量 90% 以下の野菜 5 種, 果物 6 種を選択した. ゲル状食品は, コンニャク (㈱古沢食品), トウモロコシ (㈱むつみ), カマボコ (㈱友月) を使用した.

実際の給食提供における食品廃棄物試料として, J 女子大学食生活科学科管理栄養士専攻の 4 年生授業「給食管理実習Ⅱ」(130 食) における調理に伴う食品廃棄物と供食後の食べ残しを回収した.

2.2 凍結脱水機

1 度に数 kg 程度の食品廃棄物を凍結・解凍・脱水処理できる装置として, 一槽式遠心脱水機付洗濯機 (ASW-A60VP (W), 三洋電機㈱) に -40℃ の冷凍機モーター (UF-NRH410 SF, 三洋電機㈱, 400 W) を連結して冷媒を循環させ脱水機を断熱材で覆い, 脱水機内で試料を凍結できる凍結脱水機を試作した. 凍結脱水機の回転数は 142 xg (760 rpm) であった.

2.3 温度測定方法

凍結脱水機で試料を凍結・解凍させた時の温度測定は, 凍結脱水機内と室内温度はボタン型クールメモリ (SEC-CD16TB 三洋電機㈱) で測定し, パソコン用ボタン型クールメモリリーダー (SEC-CD135RW 三洋電機㈱) で解析した. 食品試料内部温度は熱電対 (THERMO PRINTER AP-210 安立計器㈱) にニードルタイプセンサ (513E 安立計器㈱) を取り付け測定した.

2.4 凍結・解凍・脱水操作

実際の食品廃棄物処理を想定して, 食品試料は 1 回に 500 g 以上を使用し, 可食部と非可食部を分けずに用いた. 試料の重量を測定し, 重量バランスを取るため 4 つ以上に等分したものを, それぞれビニル袋 (ポリエチレン製, ㈱紙叶) 中にメッシュ袋 (ポリエチレン製, 日本技研株式会社) を入れた凍結脱水用の袋に入れ, 凍結脱水機で 24 時間以上かけて完全に凍結させた. 解凍は凍結脱水機の電源を切り蓋を開けてそのまま放置した. 試料が完全に解凍した後凍結脱水袋のメッシュ袋を持ち上げ残さとドリップに分離し, 残さの入ったメッシュ袋を凍結脱水機内に均等に置き, 所定の時間遠心脱水して, 脱水後の残さ重量を測定した.

「給食管理実習Ⅱ」で回収した食品廃棄物試料は, 重量バランスを取るために 250 g ずつ分けて凍結脱水袋に入れ, 密閉して凍結脱水機で 24 時間以上凍結させた. その後は前述の食品試料と同様に解凍・脱水操作を行い, 残さ重量を測定した.

2.5 脱水効果の評価

食品試料の脱水効果は, 凍結前と凍結・解凍・脱水後の水分含量の比較と, 凍結・解凍・脱水後の残さ重量比から評価した. 凍結前の食品試料水分含量は 105℃ 常圧乾燥法で測定したが, 果物は糖が多量に存在するため 135℃ 常圧乾燥法で 2 時間乾燥した. また凍結・解凍・脱水後の水分含量は, 皮や芯などをつけたまま脱水したため部位差が大きくなったので, 下に示した式から求めた.

$$W_f = (W_i + R - 100) / R \times 100 \quad (1)$$

ただし, W_f は脱水後水分含量 (wt%), W_i は初期水分含量 (wt%), R は残さ重量比 (= 凍結・解凍・脱水後の重量 / 初発試料重量) (wt%) である.

「給食管理実習Ⅱ」の食品廃棄物と食べ残しは, 不均一で水分含量測定が不可能であったため, 残さ重量比で評価した.

3. 結 果

3.1 凍結脱水機による凍結・解凍・脱水条件

凍結脱水機で試料を凍結・解凍させた場合の温度変化を Fig. 1 に示す. キャベツは丸ごと 1 個 (約 1100 g) を 4 等分に切断, ジャガイモは 1 個を皮ごと半分切断したものを約 500 g, それぞれ凍結脱水機に投入して試料の中心部の温度を測定した. さらに凍結脱水機内温度と室温も測定した.

キャベツ (1100 g) は凍結開始までに約 3 時間かかり, 最大氷結晶生成温度帯を 7 ~ 8 時間で通過して 17 時間

前後で凍結脱水機の温度まで低下した。解凍は電源を切ってから約10時間で0℃を通過した。ジャガイモ(500 g)はやや速く最大氷結晶生成温度帯を通過して15時間前後で凍結脱水機の温度まで低下した。解凍も電源を切ってから10時間以内に0℃を通過した。また、凍結脱水機の冷却能力は-20℃が限界であった。

Fig. 2に凍結脱水機の脱水時間による試料の残さ重量変化を示す。試料は凍結脱水機で凍結・解凍後、所定時間脱水してから重量を測定した。キャベツは半個平均780 g、ジャガイモは皮ごと半分を平均560 g、コンニャクは1枚を半分を平均500 g使用した。

いずれの試料も脱水10～20分までは残さ重量が急激に減少するが、その後はあまり変化しなかった。キャベツとジャガイモで残さ重量がやや増加する場合があるのは、測定ごとに試料が変わり設置位置の影響などもあると考えられた。最も残さ重量比が減少した点を見ると、キャベツは20分で50.9%、ジャガイモは30分で43.5%、コンニャクは30分で20.6%であった。前報[2]で約20 gの試料を遠心機(ユニバーサル冷却遠心機5700, 久保田商事株)2328 xg, 30分間で脱水した残さ重量比は、キャベツ可食部43.7%、キャベツ芯38.8%、ジャ

ガイモ可食部47.4%、ジャガイモ皮43.0%、コンニャク29.1%であった。今回用いた凍結脱水機の遠心力は142 xgとあまり大きくなかったが、両者を比較するとキャベツの脱水率は少し落ちるが他はほぼ同等に脱水した。前報において凍結・解凍したダイコンとトウモロコシを用いて脱水率に対する遠心力の影響をみた結果、脱水時間が30分の場合には遠心力142 xgでも2328 xgの約9割の脱水効果が認められた。したがって凍結・解凍後の遠心脱水ではある程度の遠心力で脱水効果が見込めると考えられる。以上の結果から、凍結脱水機の脱水時間は30分間とした。

3.2 凍結脱水機による食品試料の脱水効果

前報では植物性食品およびゲル状食品にとくに脱水効果がみられたので、水分含量90%以上の野菜11種、90%以下の野菜5種、果物6種、ゲル状食品3種について凍結脱水機による凍結・解凍・脱水処理を行った。結果をTable 1に示す。食品試料は可食部と非可食部を分けずに1回に500～750 gを使用した。

Table 1をみると、水分含量90%以上の野菜は脱水後の平均水分含量81.62%、平均残さ重量比37.70%とかなり脱水されていた。とくに水分が多く組織が軟らかいキュウリ、コマツナ、トマト、ダイコン、ナスなどの脱水率は高かった。

水分含量90%以下の野菜の脱水後の平均水分含量は、63.76%とかなり低かった。平均残さ重量比は58.90%であったが、ゴボウやサツマイモと比較すると組織の軟らかいシメジやジャガイモの脱水率は高かった。

果物は糖分が多いため水分含量は野菜よりも低いが、脱水後の平均水分含量は72.04%と低かった。平均残さ重量比は53.46%であったが、皮や芯をつけたまま脱水したために特に皮が脱水されにくいパイナップル、

Fig. 1 Temperature change of samples, inside of the freezing-dehydrating machine and the room in the process of freezing-thawing.

Fig. 2 Effect of dehydrating time on the residual weight fraction of food samples using the freezing-dehydrating machine. Centrifugal force: 142 xg

Table 1 Freezing-thawing dehydration of food samples by the freezing-dehydrating machine.

	Food samples (500 g ~ 750 g)	Initial water content (wt%)	Final water content (wt%)*	Residual weight fraction (wt%)
Vegetables (water content >90%)	Cucumber	95.45	80.92	23.85
	Chinese cabbage	95.35	77.81	20.96
	Tomato	94.88	64.17	14.29
	Japanese radish	94.74	82.53	30.11
	Cabbage	94.68	90.35	55.15
	Eggplant	94.60	77.05	23.53
	Sweet pepper	94.19	86.10	41.80
	Asparagus	93.49	85.96	46.36
	Shiitake mushroom	93.11	86.40	50.68
	Carrot	91.61	81.60	45.61
	Broccoli	90.62	84.96	62.38
	Average	93.88	81.62	37.70
Vegetables (water content <90%)	Shimeji mushroom	87.64	64.98	35.29
	Taro	86.06	77.10	60.87
	Burdock	85.05	81.71	81.73
	Potato	76.21	45.34	43.52
	Sweet potato	63.22	49.67	73.08
	Average	79.64	63.76	58.90
Fruits	Pineapple	95.92	92.42	53.86
	Pear	88.08	64.87	33.93
	Apple	85.89	59.79	35.09
	Orange	84.04	82.35	90.40
	Persimmon	82.97	70.77	58.27
	Grape	81.32	62.02	49.18
	Average	86.37	72.04	53.46
Gel materials	Konjak gel	97.04	85.62	20.59
	Soybean curd	85.43	57.00	33.88
	Kamaboko	77.93	72.76	81.03
	Average	86.8	71.79	45.17
	Average (all)	88.38	74.57	46.62

*) calculated water content by eq.(1)

オレンジ, カキなどの脱水にはその影響があったと考えられる。

ゲル状食品はコンニャクとカマボコの初期水分含量に 20% の差があったが, 脱水後の水分含量は 85.62% (コンニャク) と 72.76% (カマボコ) と差は縮み, 残さ重量比には 20.59% (コンニャク) と 81.03% (カマボコ) の差が生じた。またトウモロコシは凍結変性により物性が変化して脱水率が上がるので, 脱水後の水分含量は 57.00%, 残さ重量比は 33.88% とかなり脱水された。

以上の 25 食品の総平均をみると, 水分含量は 88.38% から 74.57% と 10% 以上の減少効果が得られ, 残さ重量比は 46.62% と半減した。

Fig. 3 に凍結脱水機で脱水した食品の例として, コマツナ, トマト, ナス, リンゴ, ダイコン, サトイモの写真を示す。いずれも残さ重量比, 水分含量はかなり低下しており半乾燥状態であった。

3.3 「給食管理実習Ⅱ」(130 食) の食品廃棄物および食べ残しに対する凍結脱水機の脱水効果

凍結脱水機の実用試験として, J 女子大管理栄養士専攻 4 年授業「給食管理実習Ⅱ」(130 食) における実習中の食品廃棄物 (調理くず) と供食後の食べ残しを回

収して, 凍結脱水機による脱水効果を測定した。料理様式や調理法によって食品廃棄物や食べ残しの種類と量が異なるので, Fig. 4 に示すようにそれらを組み合わせた 3 種類の献立を選択した。A は洋風で主菜は鮭と野菜のホイル焼きと温野菜のブロッコリ添え, B は和風で主菜はたらの揚げ煮, 副菜はニンジンと高野豆腐の炒め物, C も和風で五目鶏飯と主菜はあんかけ豆腐であった。

Fig. 5 にそれぞれの献立における食品廃棄物と食べ残しの回収重量と, 凍結脱水機による処理後の重量, および処理後の残さ重量比を示す。回収重量は献立によって異なり, 献立 A は食品廃棄物も食べ残しも多く, 合わせて 13 kg を超える量であった。献立 B は回収重量は少なかったが, 食べ残しのご飯 (麦入り) の割合が多く, 脱水後の残さ重量比が高かった。しかし B の食べ残しを除くと, 凍結脱水機処理後の残さ重量比平均は 53% と高い脱水効果を示した。

Table 2 に各献立の食品廃棄物を多い順に示す。これを見るとほとんどが野菜の調理くずで, 項目に上がった動物系の廃棄物は献立 B のかつお節のだしがらのみであった。このように給食提供では調理時間や調理師の人数の関係で肉や魚は切り身のすぐ使える状態で購入

Fig. 3 Food samples after freezing-thawing dehydration by the freezing-dehydrating machine.

4. 考 察

するために、食品廃棄物は野菜、果物の調理くずが中心になる。したがって凍結脱水機による脱水効果が高くなったと考えられる。

今回試作した凍結脱水機は、一槽式遠心脱水機付洗濯機に -40°C の冷凍機モータを連結させて、脱水機の中

Menu A
Rice with Sweet Potatoes
Julienned Vegetables Soup
Salmon and Vegetables Broiled in Foil
Boiled Broccoli
Tea Jelly
Menu B
Rice with Barley
Miso Soup with Sweet Potatoes
Fried and Stewed Cod
Sauteed Carrot and Koya-tofu
Grape Jelly
Menu C
Seasoned Rice
Consomme Soup with Turnip
Tofu with Sweet Sauce
Spinach in Sesame-seeds Dressing
Candied Sweet Potatoes

Fig. 4 Menus of “Practice of Feeding Management II” which was a practical exercise to make 130 meals for the adult in good health in J women’s university.

Fig. 5 Food wastes and leftovers of three menus of “Practice of Feeding Management II (130 meals)” in J women’s university. *) freezing-thawing

Table 2 Food wastes which were collected from “Practice of Feeding Management II”

Menu A		Menu B		Menu C	
Food wastes	Weight (g)	Food wastes	Weight (g)	Food wastes	Weight (g)
Broccoli	4325	Dried bonito	1050	Carrot	950
Welsh onion	1200	Welsh onion	660	Sweet potato	924
Cabbage	850	Carrot	460	Spinach	510
Shimeji mushroom	700	Ginger	105	Welsh onion	350
Enoki mushroom	600	French bean	75	Turnip	130
Carrot	210	Sweet potato	15	Others	116
Shiitake mushroom	190	Japanese radish	10		
Onion	175				
Sweet potato	140				
Garden peas	25				
Others	453				
Total	8868		2375		2980

で凍結・解凍・脱水操作を行う簡易なものであったが、Table 1 に示した 25 食品の処理後の平均水分含量は 74.57%, 平均残さ重量比は 46.62% (重量比 53.38% の減量), また Fig. 5 に示した給食管理実習 (130 食分) における食品廃棄物回収では、B の食べ残しを除いた調理くずと食べ残しの平均残さ重量比が 53% (重量比 47% の減量) と、高い脱水効果が得られた。前報 [2] において家庭系食品廃棄物を凍結・解凍・脱水操作によって処理した場合の減量を 36.7% と試算したが、今回の測定ではそれを大きく上回る減量効果が得られた。

この理由の 1 つは、今回用いた試料の性質が考えられる。Table 1 で凍結・解凍・脱水効果を測定した食品試料は、前報の結果脱水効率が高かった野菜、果物、ゲル状食品であった。また給食管理実習においては、一般に給食提供では作業効率から肉や魚は献立に合わせた切り身の状態で購入するという事情がある。したがって給食管理では食品廃棄物は野菜や果物の調理くずが中心になった。複素インピーダンス測定によれば植物細胞の膜構造は凍結に対して極めて脆弱であることが示されている [6-8]。したがって凍結・解凍後の植物性食品では今回の凍結脱水機のように 142 xg 程度の遠心力でも高い脱水効果が得られたと考えられる。また、今回の給食管理実習食べ残しの回収において、ご飯以外は汁気を含んだものが多いことに気付かされた。このような残飯の汁気も凍結・解凍すると効率よく脱水できた。以上のような理由から凍結脱水機によって高い脱水効果が得られたと考えられる。

実際の給食提供における食品廃棄物と食べ残しの処理において平均残さ重量比 53% (重量比 47% の減量) が得られたことは大きな成果である。家庭においても肉や魚は切り身の状態で購入することが多くなったので、食品廃棄物の 40 ~ 60% は野菜や果物の調理くずや食べ残しである [9]。したがって家庭系食品廃棄物においても同様の効果が期待できると考えられる。

本方式を用いることによる廃棄物処理必要エネルギー変化について考察する。Table 1 における処理前の平均

水分含量 88% の廃棄物の場合、残りの固形分 12% をグルコースとみなすこととする。グルコースの標準燃焼エンタルピは 15565 J/g [10] であるので、この廃棄物の燃焼エンタルピ ΔH_C は、

$$\Delta H_C = 15565 \times 0.12 = 1868 \text{ J/g} \quad (2)$$

これに対して水の蒸発エンタルピ (2257 J/g) より、この廃棄物の水分蒸発に必要なエンタルピは、

$$\Delta H_V = 2257 \times 0.88 = 1986 \text{ J/g} \quad (3)$$

したがって、この廃棄物を燃焼して得られるエネルギー ΔH_T は、

$$\Delta H_T = 1868 - 1986 = -118 \text{ J/g} \quad (4)$$

すなわち、この廃棄物処理には 118 J/g のエネルギー投入が必要であることがわかる。

これに対して、同様な計算を凍結・解凍・脱水後の水分含量 75% の試料について行くと、燃焼エンタルピ $\Delta H_C'$ および水分蒸発エンタルピ $\Delta H_V'$ は、それぞれ

$$\Delta H_C' = 15565 \times 0.25 = 3891 \text{ J/g} \quad (5)$$

$$\Delta H_V' = 2257 \times 0.75 = 1693 \text{ J/g} \quad (6)$$

となる。さらに、凍結に要した全エンタルピ ΔH_F は、脱水した 53% の水 (残さ重量比 47%) の凍結も含めて考慮すると、水の凍結潜熱 334 J/g を用いて、

$$\Delta H_F = 334 \times (0.75 + 53/47) = 628 \text{ J/g} \quad (7)$$

したがって、処理後の廃棄物を燃焼して得られるエネルギーから凍結に要したエンタルピを差し引いた正味エネルギー $\Delta H_T'$ は、

$$\Delta H_T = \Delta H_C - \Delta H_V - \Delta H_F = 1570 \text{ J/g} \quad (8)$$

となる。このことは、凍結・解凍・脱水法を施すことによって、凍結に必要なエネルギーを差し引いても、この廃棄物処理においては 1570 J/g の余剰エネルギーが得られることを意味する。

今回得られた結果は、「食品リサイクル法」において定められた食品事業者に対する 20% の排出減を大きく上回っている。本方法は乾燥法と比較すると、はるかに省エネルギー的であり、ガスなどの発生もなく安全である。さらに凍結することによって、生ゴミから発生するにおいや腐敗も防ぐことができる。今回示したように簡易な操作によって高い脱水率が見込め、水分含量を 70% 台に減少できることから、生ゴミ原点処理法として最適であり、さらにコンポスト化 [11] などの食品廃棄物再生利用の前処理として、また高い減量率が得られることから廃棄物輸送においても有効であると考えられる。本方法によって脱水された水は排水系において処理されることになるが、その量は排水としては極めて量が少ないため排水系に与える負荷は小さい。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、凍結脱水機を製作して下さいました三洋電機株式会社研究開発本部エコエネシステム研究所上村一郎、田中努両氏に深く感謝致します。また、「給食管理実習Ⅱ」における食品廃棄物回収にご協力いただきました実践女子大学生活科学部食生活科学科中川靖枝教授、山本さとみ副手に深く感謝致します。また実験にご協力頂きました実践女子大学生活科学部調理学第 3 研究室の須藤木綿子、中町敦子、平林佳子、福原智江の諸嬢に深く感謝致します。

引 用 文 献

- [1] 牛久保明邦；廃棄物のゼロエミッションの構築と技術，“フードデザイン 21”，荒井緑一，川端晶子，茂木信太郎，山野井昭雄 編，(株)サイエンスフォーラム，2002，pp.661-670.
- [2] 四宮陽子，宮脇長人；凍結・解凍効果を利用した食品廃棄物の脱水処理，日本食品工学会誌，**5**，153-162 (2004)．
- [3] 大西茂彦，宮脇長人；農産物の凍結障害と力学物性および電気的物性，低温生物工学会誌，**46**，99-102 (2000)．
- [4] P. Dejmek, O. Miyawaki; Relationship between the electrical and rheological properties of potato tuber tissue after various forms of processing. Biosci. Biotechnol. Biochem., **66**, 1218-1223 (2002).
- [5] S. Ohnishi, Y. Shimiya, H. Kumagai, O. Miyawaki; Effect of freezing on electrical and rheological properties of

food materials. Food Sci. Technol. Res., **10**, 453-459 (2004).

- [6] M. I. Zhang, D. G. Stout, J. H. M. Willison; Electrical impedance analysis in plant tissues: Symplasmic resistance and membrane capacitance in the Hayden model. J. Exper. Botany, **41**, 371-380 (1990).
- [7] E. S. Cole; Electrical phase angle of cell membrane. J. Gen. Physiol., **15**, 641-649 (1932).
- [8] 宮脇長人，四宮陽子；食品廃棄物の凍結・解凍・脱水処理，化学工学論文集，**28**，618-620 (2002)．
- [9] 平成 9 年度京都市環境局資料により環境庁作成．
- [10] G. M. Barrow (野田春彦訳)；“物理化学，第 2 版”，東京化学同人，1995，pp.377-383.
- [11] 藤田賢二；“コンポスト化技術－廃棄物有効利用のテクノロジー”，技報堂出版，1998，p.65.

引 用 URL

- [i] <http://www.jfea.or.jp/kantyo/nousui/syokuhinjyunkanshigen/syokuhinjyunkansigen.htm>
(農林水産省；食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律について)
- [ii] http://www.maff.go.jp/sogo_shokuryo/kankyoku.htm
(農林水産省；食品リサイクル関連，食品廃棄物の現状)
- [iii] <http://park2.wakwak.com/~syokuri/>
(食品リサイクル機器連絡協議会ホームページ)

要 旨

数 kg の食品廃棄物を省エネルギー，安全な方法である凍結・解凍・脱水法によって減量処理できる凍結脱水機を家庭用遠心脱水洗濯機と冷凍機を組み合わせで試作した。凍結脱水機の冷却能力は -20°C ，遠心力は 142 xg であった。食品試料として 25 種の野菜，果物，ゲル状食品を皮や芯をつけて大切に切った状態で 500 g / 回以上処理した結果，処理前の平均水分含量 88.38wt% から，処理後平均水分含量 74.57wt%，平均残さ重量比 46.62wt% を得た。また，給食 130 食を提供する J 女子大学授業「給食管理実習Ⅱ」の調理中食品廃棄物と食べ残しを 3 日分回収して処理したところ，ご飯の食べ残しが多かった 1 回分の食べ残しを除いた平均残さ重量比は，53% と高い脱水効果が得られた。本方法は凍結により食品廃棄物特有のにおいや腐敗の対策にもなり，高い脱水効果が得られることから，リサイクルの前処理，輸送，焼却のいずれに対しても有効であることが期待される。