

## LNG廃冷熱を利用した有機性廃棄物の凍結乾燥処理と飼料化

広島大学地域共同研究センター 正会員 今岡 務  
 広島大学大学院工学研究科 学生会員 ○細井啓示

## 1. はじめに

LNG(液化天然ガス)は、クリーンでかつ安全なエネルギーであり、石油とともにわが国の基盤的なエネルギー源となっている。このLNGは、 $-162^{\circ}\text{C}$ という極低温で冷却液化され、輸入、貯蔵されている。そして、都市ガスとしての利用時には、再気化されて供給されるが、その製造過程において、気化冷熱が発生しており、この冷熱の有効利用がLNG基地の課題の一つとなっている。

本研究では、広島県廿日市市にあるLNG基地と本市域を対象に、LNGタンクからの廃冷熱を利用した凍結乾燥処理によって、スーパー、食品工場などから発生する有機性廃棄物を飼料へと再資源化するローカル・ゼロエミッション構想の検討を行っている。本報では、凍結乾燥処理可能量、本地域における食品系廃棄物の収集量および飼料受入量の調査、予測を行い、本構想の実現可能性について検討した結果を報告する。

## 2. 調査内容および結果

## (1) 凍結乾燥処理可能量

LNG 1t から発生する冷気は、20 万 kcal/t の冷却エネルギーを有しているとされる。ここで、定常的に取出せる冷却エネルギー量をLNG量で1t/hと仮定すると、有効利用可能な冷却エネルギー量は480 万 kcal/日(=20 万 kcal/t $\times$ 24t/日)となる。また、1tの水分を凍結乾燥処理するために必要なエネルギーは85.2 万 kcal/t $\cdot\text{H}_2\text{O}$ であり、そのうち冷却エネルギーは、4.4 万 kcal/t $\cdot\text{H}_2\text{O}$  必要である。

よって、乾燥可能水分量は109 t $\cdot\text{H}_2\text{O}$ /日(=480 万 kcal/日 $\div$ 4.4 万 kcal/t $\cdot\text{H}_2\text{O}$ )となる。食品系廃棄物の水分量を95%と仮定した場合、乾燥処理可能廃棄物量は115 t/日(=109 t $\cdot\text{H}_2\text{O}$ /日 $\div$ 0.95)となり、乾燥処理物としての飼料生産量は5.8 t/日(=115 t/日 $\times$ 0.05)と推定できる。

## (2) 食品系廃棄物の収集量

Aスーパー(推定年間売上高:4.4 億円)において、1日に廃棄される食品量の調査を行った。表-1に特に廃棄量が多かった惣菜の詳細を、表-2に鮮魚の詳細を示す。また、食品種ごとにまとめた発生量と単位売上高当り廃棄量を求めた結果を表-3に示す。これより、Aスーパーの1日の総廃棄食品発生量は32.6kgであり、単位売上高当り廃棄量は2.71

表-1 廃棄食品(惣菜)の詳細

| 食品種 | 商品名     | 単位重量(g) | 個数 | 総重量(g) |
|-----|---------|---------|----|--------|
| 惣菜  | 串カツ     | 93      | 4  | 372    |
|     | トンカツ    | 139     | 4  | 556    |
|     | アジフライ   | 121     | 2  | 242    |
|     | エビ 串団子  | 104     | 1  | 104    |
|     | 白身フライ   | 121     | 1  | 121    |
|     | 鶏の唐揚げ   | 184     | 1  | 184    |
|     | 巻物      | 103     | 1  | 103    |
|     | メンチカツ   | 153     | 1  | 153    |
|     | カニコロッケ  | 147     | 1  | 147    |
|     | 野菜コロッケ  | 239     | 1  | 239    |
|     | 肉コロッケ   | 312     | 1  | 312    |
|     | 竹の子煮付   | 81      | 4  | 324    |
|     | ひじき煮付   | 50      | 8  | 400    |
|     | ぜんまい煮付  | 50      | 6  | 300    |
|     | 干切大根煮付  | 54      | 1  | 54     |
|     | ゴボウキンピラ | 84      | 2  | 168    |
|     | 筑前煮     | 139     | 7  | 973    |
|     | 里芋煮付    | 99      | 2  | 198    |
|     | 高野豆腐    | 132     | 5  | 660    |
|     | 味付玉子    | 100     | 1  | 100    |
|     | おでん     | 295     | 5  | 1475   |
|     | うぐいす豆   | 117     | 3  | 351    |
|     | 山菜あさり   | 73      | 5  | 365    |
|     | 大根酢物    | 87      | 5  | 435    |
|     | キクラゲ酢物  | 64      | 3  | 192    |
|     | ポテトサラダ  | 106     | 2  | 212    |
|     | トンカツ弁当  | 439     | 1  | 439    |
|     | おにぎり    | 116     | 2  | 232    |
|     | 穴子入巻寿司  | 308     | 1  | 308    |
|     | 上巻寿司    | 333     | 1  | 333    |
| 合計  |         |         |    | 10,1kg |

表-2 廃棄食品(鮮魚)の詳細

| 食品種 | 商品名        | 単位重量(g) | 個数 | 総重量(g) |
|-----|------------|---------|----|--------|
| 鮮魚  | きはだまぐろ     | 85      | 1  | 85     |
|     | きはだまぐろ     | 91      | 1  | 91     |
|     | きはだまぐろ     | 89      | 1  | 89     |
|     | きはだまぐろ     | 89      | 1  | 89     |
|     | めんたい切り身    | 177     | 2  | 354    |
|     | めんたい切り身    | 118     | 1  | 118    |
|     | ふぐさし       | 50      | 1  | 50     |
|     | さしみ盛り合わせ   | 180     | 4  | 720    |
|     | きはだまぐろ     | 120     | 2  | 240    |
|     | めんたいさしみ    | 115     | 1  | 115    |
|     | 生さけ        | 139     | 1  | 139    |
|     | このしろ       | 224     | 3  | 672    |
|     | 天然小だい      | 222     | 2  | 444    |
|     | 天然小だい      | 333     | 3  | 999    |
|     | 生むきえび      | 104     | 1  | 104    |
|     | あさり        | 200     | 4  | 800    |
|     | 無頭えび       | 107     | 5  | 535    |
|     | 地物湯だこ      | 66      | 1  | 66     |
|     | すじこ        | 113     | 1  | 113    |
|     | あじみりん      | 94      | 2  | 188    |
| 合計  | さわらみりん     | 232     | 1  | 232    |
|     | 焼きあなご      | 104     | 1  | 104    |
|     | 生あんこう 鍋セット | 306     | 2  | 612    |
| 合計  |            |         |    | 7,0kg  |

t/億円(=0.0326t÷4.4/365億円)と推定された。

この調査結果をもとに廿日市市域にあるBスーパー、Cコンビニエンスストア(推定年間売上高:150億円,20億円)の廃棄食品量を予測した。この2企業における1日当たり売上高は0.47億円/日であり、前述した単位売上高当り廃棄量より、廃棄食品予想収集量を推算した結果、1.3t/日(=2.71t/億円×0.47億円/日)となった。

### (3) 飼料受入量

広島県D乳業では、乳用牛を180頭飼育しているが、泌乳牛、肥育牛をそれぞれ90頭飼育していると仮定して飼料摂取量を計算した。泌乳牛の飼料摂取量は、平均的な泌乳牛の体重を650kg、乳量を30~35kg/日と仮定すると、粗飼料で15kg/日(体重の2~3%)、濃厚飼料で10kg/日(乳量の1/3~1/4)が必要となる。また、肥育牛の飼料摂取量は、体重を500kgとすると、粗飼料の必要量は10kg/日(体重の2~3%)となる。

以上より、D乳業では、粗飼料2.3t/日(=15kg/日×90頭+10kg/日×90頭)および濃厚飼料0.9t/日(=10kg/日×90頭)の受け入れが可能と推定された。

### 3. 考察

得られた廃棄食品予想収集量、凍結乾燥処理可能量および飼料受入予想量を図-1にまとめた。凍結乾燥プラントの処理能力は、対象収集地点での発生量を上回っており、収集地点の拡大にも対応が可能であることを示唆した。また、飼料生産能力としても飼料受入予想量を上回ったことから、受入地点拡大の可能性も示された。

今後、このような量的なバランスに加えて、飼料としての栄養特性など質的な観点からの検討が課題となる。廃棄食品は植物系、動物系と多様であり、表-4に示すように鮮魚ではたんぱく質が多く、精肉ではたんぱく質、脂質が多いという特徴を有している。また、その他の品目では、可溶無窒素物の割合が高いことが注目される。この可溶無窒素物は、主としてデンプン、糖類などの有機物とされるが、飼料としてのバランスのとれた乾燥処理物を生産するためには、これらの適切な配合が求められる。

本システムの実践に向けて、アンケート調査、ヒアリング調査などにより、今後さらに詳細な検討を行う予定である。なお、本研究は文部省科学研究費補助金の特定領域研究「ゼロエミッションをめざした物質循環プロセスの構築」の中で進められているものであることを付記して、謝意を表する。

表-3 廃棄食品発生量と単位売上高当り廃棄量

| 食品種    | 発生量(kg) | 単位売上高<br>あたり廃棄量<br>(t/億円) |
|--------|---------|---------------------------|
| 鮮魚     | 7.0     | 0.58                      |
| 肉      | 3.8     | 0.32                      |
| パン     | 0.2     | 0.02                      |
| 生菓子    | 0.05    | 0.004                     |
| 和菓子    | 0.05    | 0.004                     |
| 練製品    | 1.7     | 0.14                      |
| 豆腐・納豆類 | 0.05    | 0.004                     |
| 惣菜     | 10.1    | 0.84                      |
| 野菜     | 3.1     | 0.26                      |
| 鮮魚調理残滓 | 6.5     | 0.54                      |
| 合計     | 32.6    | 2.71                      |

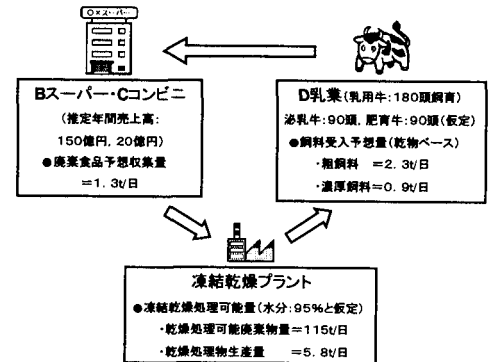


図-1 マテリアルバランスの推定結果

表-4 廃棄食品の栄養成分

| 部 門         | 商品名         | 乾燥ベース    |       |       |       |           | 備 考          |
|-------------|-------------|----------|-------|-------|-------|-----------|--------------|
|             |             | たんぱく質(%) | 脂質(%) | 繊維(%) | 灰分(%) | 可溶無窒素物(%) |              |
| 鮮 魚         | きはだまぐろ      | 92.4     | 1.9   | 0.0   | 5.3   | 0.4       |              |
|             | ふぐさし        | 93.5     | 0.5   | 0.0   | 5.6   | 0.5       |              |
|             | 生さけ         | 67.4     | 27.4  | 0.0   | 4.9   | 0.3       |              |
|             | このしろ        | 65.3     | 27.5  | 0.0   | 5.8   | 1.4       |              |
|             | 生むきえび       | 84.2     | 4.8   | 0.0   | 10.9  | 0.0       | しばえびの値       |
|             | あじり         | 62.9     | 7.6   | 0.0   | 20.5  | 9.1       |              |
|             | 煮ええび        | 84.2     | 4.8   | 0.0   | 10.9  | 0.0       | しばえびの値       |
|             | 地物湯だこ       | 91.2     | 2.8   | 0.0   | 5.5   | 0.4       | まだこ(ゆで)の値    |
|             | あじみりん       | 68.8     | 25.4  | 0.0   | 5.5   | 0.4       | あじ(生)の値      |
|             | さわかみりん      | 64.0     | 30.9  | 0.0   | 4.8   | 0.3       | さわか(生)の値     |
|             | 焼きあなご       | 59.7     | 35.2  | 0.0   | 5.2   | 0.0       | あなご(生)の値     |
|             | 生あんこう 個セット  | 89.5     | 3.8   | 0.0   | 6.2   | 0.5       | あんこうの値       |
|             | 牛ロース        | 36.2     | 61.4  | 0.0   | 1.8   | 0.7       | かたロース、脂身つきの値 |
|             | 若鶏もも肉       | 67.9     | 27.9  | 0.0   | 3.8   | 0.4       |              |
| 精 肉         | ロースハムスライス   | 46.9     | 39.4  | 0.0   | 10.2  | 3.4       |              |
|             | ヤマザギゴールドソフト | 13.5     | 6.1   | 0.2   | 2.7   | 77.4      |              |
| パ ン         | カスタード ケーキ   | 9.9      | 19.1  | 0.1   | 0.9   | 70.0      | ショート ケーキの値   |
| 生菓子         | ちくわ         | 39.5     | 6.8   | 0.0   | 10.0  | 43.7      |              |
|             | 焼きちくわ       | 39.5     | 6.8   | 0.0   | 10.0  | 43.7      | 焼きちくわの値      |
|             | かまぼこ        | 46.9     | 3.5   | 0.0   | 11.7  | 37.9      | 煮し かまぼこの値    |
|             | そば          | 15.0     | 3.1   | 0.8   | 0.6   | 80.6      | そば(ゆで)の値     |
| 練製品         | 納豆          | 40.7     | 24.7  | 5.7   | 4.7   | 24.2      |              |
|             | キャベツ        | 18.4     | 1.3   | 7.9   | 7.9   | 64.5      |              |
| 豆 腐 ・ 納 豆 類 | 大根          | 14.5     | 1.8   | 10.9  | 10.9  | 61.8      |              |
|             | 白ねぎ         | 13.1     | 1.2   | 9.5   | 6.0   | 70.2      |              |
|             | 春巻          | 34.8     | 1.2   | 11.1  | 19.8  | 33.3      |              |
|             | れんこん        | 11.2     | 0.0   | 3.2   | 5.3   | 80.3      |              |
|             | 白栗          | 26.8     | 2.4   | 9.8   | 14.6  | 46.3      |              |
|             | バナナ         | 4.4      | 0.4   | 1.2   | 3.8   | 90.4      |              |
| 野 菜         |             |          |       |       |       |           |              |
|             |             |          |       |       |       |           |              |
|             |             |          |       |       |       |           |              |
|             |             |          |       |       |       |           |              |
|             |             |          |       |       |       |           |              |
|             |             |          |       |       |       |           |              |

参考文献: 四訂食品成分表