

# 博士論文

## 水産都市の環境・防災まちづくりに向けた 地域エネルギーシステムに関する研究 － コージェネレーションを中核とした場合の検討 －

Study on district energy system for the fishery city development  
in considering the environment and disaster prevention  
- In case of the system with cogeneration -

2019年 3月

横 田 英 靖

Hidehiro Yokota

(横浜国立大学大学院 都市イノベーション学府)



## はじめに

四方を海に囲まれた我が国では太古より漁業が行われ、入り江や大河川の河口あるいは自然の防波堤である前島を有する天然の良港を中心として、水産都市の機能が形成されてきた。単に水産業だけではなく関連産業が発達し、地域ごとの独自の漁法や漁民文化も育まれ、地域独特の水産加工品も生み出されてきた。明治末期以降の動力船化に伴い漁場が遠方へ拡大し、漁獲高の増加とともに、「原料立地」の考えで漁港の近くに水産加工業の集積地が形成された。しかしながら、漁港の近くに集積地を形成するための十分な土地があるとは限らず、また漁船の大型化に伴って新たな漁港施設が必要になったことから、埋立地に新たな漁港の建設や水産加工集積の移転が行われる例もみられるようになってきた。特に、1970 年以降「水産加工団地」の計画がなされ、漁港の背後地のみならず、1960 年代からのモータリゼーションの発達や道路網整備を背景として、車で 20 分程度の場所にも建設されるようになってきた。

一方、漁港背後地にも住宅が建設されるようになり、水質汚染や悪臭の公害が問題となり、水産都市内に分散して移転したり、まとまって水産加工団地に移転したりして、協同組合事業の一環として公害対策に取り組むことが行われた。さらに、冷蔵冷凍技術の発達に伴い、魚の鮮度維持を飛躍的に向上させることも可能となり、冷凍魚の増大や冷凍冷蔵倉庫の大型化の傾向も見られるようになった。また、「200 カイリ体制」以降漁獲高の減少や輸入水産物の増加、国民の魚離れ、漁業人口の減少・高齢化等の深刻な課題がある反面、海外への水産物・水産加工品の輸出等新たな需要も生まれ、それに対応するため高度衛生管理が求められるようになってきた。

現在、我が国の水産業は、資源水準の低迷・生産コストの増大・生産魚価の低迷等による所得の減少や後継者不足を生じている。従って、乱獲を防止し水産資源を計画的に確保していくとともに、生産者の収益が向上する仕組みづくりが必要である。そのためには、生産地で高付加価値製品を製造したり、「6 次産業化」や「陸上養殖」等、新たな取組みにチャレンジしたりすることが期待されている。さらに、東日本大震災による水産都市の大規模な被災から、津波地震災害を考慮したまちづくりが必要であり、復興まで考えた電力の確保が不可欠である。

このような状況の中、将来的な水産都市の再生を前提とした地域エネルギーシステムのあり方について、平常時の地球温暖化防止を目的とする環境面と、非常時の電力確保を考慮した防災面の両方から研究を行った。これまで水産都市に関連する詳細なデータはなく、フィールド調査やヒアリング調査及び文献調査により、現状についての定量的な把握を行い、それに基づき水産都市のエネルギー分析や地域分散型発電システムとしてのコージェネレーションシステムの導入研究を行った。

本研究は「にぎわいまちづくり」の一助となるようエネルギー面から研究を行ったものであり、他の研究テーマと併せて、将来的な水産都市の再生が実現することを願っている。





- 目 次 -

はじめに

|   |    |
|---|----|
| 第1章 序論 .....                            | 1  |
| 1-1 本研究の背景 .....                        | 3  |
| 1-1-1 自然災害の影響と今後の対応                     |    |
| 1-1-2 地球温暖化と水産業への影響                     |    |
| 1-1-3 水産都市の衰退と今後の対策                     |    |
| 1-1-4 水産関連産業の新たな動き                      |    |
| 1-2 既往研究及び調査の概要 .....                   | 5  |
| 1-2-1 漁村・漁港地域における自然エネルギーを利用した振興策の検討     |    |
| 1-2-2 地域分散型トータルエネルギー供給システムに関する基礎的研究     |    |
| 1-2-3 防災・環境面からみた民生用コージェネレーションシステムに関する研究 |    |
| 1-3 本研究の目的 .....                        | 6  |
| 1-3-1 エネルギーデータ調査・分析の視点                  |    |
| 1-3-2 環境・防災まちづくりの視点                     |    |
| 1-3-3 水産都市再生の視点                         |    |
| 1-4 本研究の位置づけ .....                      | 6  |
| 1-5 本研究の構成 .....                        | 7  |
| 第1章の参考文献 .....                          | 8  |
| 第2章 水産都市及び水産関連産業に関する調査研究 .....          | 9  |
| 2-1 はじめに .....                          | 11 |
| 2-2 水産都市と本研究での調査対象 .....                | 11 |
| 2-2-1 本研究における水産都市の定義と調査対象都市             |    |
| 2-2-2 水産都市の概要                           |    |
| 2-2-3 水産都市の気温と水温                        |    |
| 2-3 水産関連産業とエネルギー .....                  | 33 |
| 2-3-1 水産関連産業におけるエネルギーの概要                |    |
| 2-3-2 水産庁調査結果                           |    |
| 2-3-3 魚市場                               |    |
| 2-3-4 製氷庫                               |    |
| 2-3-5 冷凍冷蔵庫                             |    |
| 2-3-6 水産加工工場                            |    |
| 2-4 水産関連産業の新たな動きとエネルギー .....            | 36 |

|              |                                  |           |
|--------------|----------------------------------|-----------|
| 2-4-1        | 国際化と HACCP                       |           |
| 2-4-2        | 陸上養殖                             |           |
| 2-4-3        | 6 次産業化                           |           |
| 2-5          | まとめ                              | 38        |
|              | 第 2 章の参考文献                       | 40        |
| <b>第 3 章</b> | <b>水産都市のエネルギーに関する調査・分析</b>       | <b>41</b> |
| 3-1          | はじめに                             | 43        |
| 3-2          | 魚市場の電力消費量実態調査結果                  | 43        |
| 3-2-1        | 年間・月別エネルギー消費量実態調査結果              |           |
| 3-2-2        | 時刻別エネルギー消費量実態調査結果                |           |
| 3-3          | 製氷庫の電力消費量実態調査及び推定結果              | 52        |
| 3-3-1        | 年間・月別エネルギー消費量実態調査結果              |           |
| 3-3-2        | 時刻別エネルギー消費量実態調査結果                |           |
| 3-4          | 冷凍冷蔵倉庫の電力消費量実態調査及び推定結果           | 56        |
| 3-4-1        | 年間・月別エネルギー消費量実態調査結果              |           |
| 3-4-2        | 時刻別エネルギー消費量実態調査結果                |           |
| 3-5          | 水産加工工場のエネルギー消費量実態調査及び統計調査並びに推定結果 | 60        |
| 3-5-1        | 統計調査及び文献調査による推定                  |           |
| 3-5-2        | 代表的な水産加工工場におけるエネルギー消費実態詳細調査結果    |           |
| 3-5-2-1      | 蒲鉾工場                             |           |
| 3-5-2-2      | 高付加価値製品工場                        |           |
| 3-5-3        | 年間・月別エネルギー消費量推定結果                |           |
| 3-5-4        | 時刻別エネルギー消費量推定結果                  |           |
| 3-6          | 観光施設のエネルギー消費量推定結果                | 72        |
| 3-6-1        | 見せる工場                            |           |
| 3-6-2        | 観光施設                             |           |
| 3-7          | 水産都市別の関連施設の集積状況                  | 74        |
| 3-7-1        | 集積状況の調査方法                        |           |
| 3-7-2        | 製氷庫                              |           |
| 3-7-3        | 冷凍冷蔵庫                            |           |
| 3-7-4        | 水産加工工場                           |           |
| 3-8          | 水産都市別のエネルギー合計推定結果と集積状況           | 76        |
| 3-8-1        | エネルギー合計推定結果                      |           |
| 3-8-2        | エネルギーの集積状況                       |           |
| 3-8-3        | 漁港周辺地区の電力エネルギーの状況                |           |

|            |                                     |           |
|------------|-------------------------------------|-----------|
| 3-9        | まとめ                                 | 84        |
|            | 第3章の参考文献                            | 85        |
| <b>第4章</b> | <b>水産都市へのコージェネレーションシステム導入に関する研究</b> | <b>87</b> |
| 4-1        | はじめに                                | 89        |
| 4-2        | 研究対象                                | 89        |
| 4-3        | エネルギーシステム                           | 90        |
| 4-3-1      | 概要                                  |           |
| 4-3-2      | コージェネレーションシステムの選定                   |           |
| 4-4        | コージェネレーションシステム導入時の環境性評価             | 91        |
| 4-4-1      | 計算手順                                |           |
| 4-4-2      | 対象地区にコージェネレーションシステムを導入した場合の環境性評価    |           |
| 4-5        | コージェネレーションシステムの理論効率と本研究との相違に関する考察   | 94        |
| 4-5-1      | コージェネレーションシステムの理論効率に関する既往研究         |           |
| 4-5-2      | 本研究との比較                             |           |
| 4-6        | 集積と水産都市全体の環境性との関係                   | 96        |
| 4-7        | まとめ                                 | 97        |
|            | 第4章の参考文献                            | 98        |
| <b>第5章</b> | <b>非常時の電力供給に関する研究</b>               | <b>99</b> |
| 5-1        | はじめに                                | 101       |
| 5-2        | 水産都市における近年の地震津波災害と復興の状況             | 101       |
| 5-2-1      | 近年の水産都市における地震津波災害                   |           |
| 5-2-2      | 東日本大震災における地震津波災害と復興の状況              |           |
| 5-3        | 水産都市における津波防災対策                      | 103       |
| 5-3-1      | フィールド調査結果                           |           |
| 5-3-2      | 津波防災を考慮した冷凍冷蔵倉庫の事例                  |           |
| 5-3-3      | バイオマス発電を活用した地域防災                    |           |
| 5-4        | LNGサテライト供給システム計画                    | 105       |
| 5-5        | 魚市場屋上への太陽光発電システム導入計画                | 106       |
| 5-6        | 非常時の水産関連施設及び地域重要施設への電力供給に関する研究      | 108       |
| 5-6-1      | エネルギー消費実態調査に基づく結果                   |           |
| 5-6-2      | 時刻別電力消費量を変化させた場合の結果                 |           |
| 5-7        | まとめ                                 | 110       |
|            | 第5章の参考文献                            | 112       |

|   |         |
|---|---------|
| <b>第6章 水産都市再生を前提としたモデルの提案と環境性評価に関する研究</b> | 113     |
| 6-1 はじめに                                  | 115     |
| 6-2 水産都市再生を背景としたモデルの考え方                   | 115     |
| 6-3 具体的事例に基づくモデルの設定                       | 115     |
| 6-3-1 設定モデル地区                             |         |
| 6-3-2 設定冷凍冷蔵倉庫・製氷庫                        |         |
| 6-3-3 設定水産加工工場                            |         |
| 6-3-4 設定防災・観光施設                           |         |
| 6-3-5 設定陸上養殖施設                            |         |
| 6-4 エネルギーシステムの概要とエネルギー消費量の推定              | 118     |
| 6-4-1 エネルギーシステムの概要                        |         |
| 6-4-2 陸上養殖における熱エネルギー消費量の推定                |         |
| 6-4-3 エネルギー消費量の推定                         |         |
| 6-5 コージェネレーションシステム導入時の環境性評価               | 130     |
| 6-6 まとめ                                   | 130     |
| 第6章の参考文献                                  | 131     |
| <br><b>第7章 結論と展望</b>                      | <br>133 |
| 7-1 本研究の結論                                | 135     |
| 7-1-1 エネルギーデータ調査・分析の視点                    |         |
| 7-1-2 環境・防災まちづくりの視点                       |         |
| 7-1-3 水産都市再生の視点                           |         |
| 7-2 今後の展望                                 | 136     |
| 7-2-1 水産関連産業を巡る事業環境変化とエネルギー視点からの対応        |         |
| 7-2-2 再生可能エネルギーの利用                        |         |
| 7-2-3 水産都市全体の再生                           |         |
| 第7章の参考文献                                  | 139     |

# 第 1 章

## 序論



## 第1章 序論

### 1-1 本研究の背景

#### 1-1-1 自然災害の影響と今後の対応

東日本大震災における甚大な地震津波災害や、北海道胆振東部地震における電力のブラックアウト、最近の大型台風の到来による高潮やインフラ損傷事故等、非常時の電力確保が重要な課題となっている。

非常時の電力確保は、水産都市内の病院等の重要施設ばかりではなく、上下水道の電源や冷凍冷蔵庫の電源確保の面でも不可欠と考えられる。また、系統側電力の供給がなされても、需要側の電力設備が浸水により使用できないという状況も将来的には避けていきたい。さらに、北海道胆振東部地震における電力のブラックアウトの事例より、非常時には系統側電力と切り離しをして、自営線により電力供給を行う地域エネルギーシステムが求められる。

東日本大震災の被害と復旧・復興について、特に本研究との関わりが深いものを紹介する。

震災から3ヶ月後に行われた緊急調査をまとめた文献<sup>1)</sup>には、気仙沼市の被災冷凍倉庫の腐敗臭の状況が記されている。また、被災中小企業を対象に、2014年8月から1年間をかけて現地ヒアリングを行い、それをまとめた文献<sup>2)</sup>には、本格的な操業再開には電力や水道の供給が必要で、それを待って再開が実現した例が多いこと、事前準備としての機器点検や試験操業については、非常用発電機の電力やトラック輸送の水で代替調達したこと、事業再開後は人手不足が事業拡大の支障要因になること等が示されている。さらに、気仙沼市魚市場の復旧が記されている文献<sup>3)</sup>には、大量の氷の必要性やそのために電力と上水の供給が必須となること、地域で最も製氷能力が高い企業の本社工場への通電が5月20日、製氷開始が6月27日で、主要魚種の一つであるカツオの水揚げが6月に可能になったのは、製氷工場の復旧が大きいことが具体的に示されている。

水産業及び水産関連産業の専門家等から構成される調査委員が3年間に渡ってまとめた、文献<sup>4)~6)</sup>には、具体的事例が詳述されている。以下に、本研究に関連するものを示す。

石巻では、新工場建設に伴い、従来型の製品から付加価値型製品への製造を目指したり、新規冷蔵庫建設を全自動型にした上で、新たな経営指標を立ててマーケット開発を行ったという動きが出てきている<sup>4)</sup>。気仙沼では、漁港周辺の水産関連施設が壊滅的な被害を受けたことから、水産加工団地形成による基盤整備が模索され、南気仙沼地区、鹿折地区、赤岩港地区の水産加工団地の整備が図られている<sup>5)</sup>。また、共通して、震災によって失った販路や従業員不足の課題もクローズアップされている<sup>6)</sup>。

#### 1-1-2 地球温暖化と水産業への影響

地球温暖化の環境変化の速さが生物や生態系の適応速度を上回る場合、種の絶滅や極端な減少が生じ、生態系構造が大きく変化する可能性がある。従って、対策の遅れは水産業や食料供給に大きな影響を及ぼすと考えられる。我が国近海では、地球温暖化の影響により海洋表層の成層化が進み、下層から表層への栄養塩供給が減少し、生物生産が低下する可能

性が指摘されている。海水温の変化により、暖水性魚類の出現が目立つようになり、また魚への病原体も変化し、新たな感染例が発見されている。

さらに、海面上昇により漁港周辺地域へ被害をもたらす。従って、長期的な資源確保や漁港周辺の将来的なまちづくりを考える場合、地球温暖化対策は不可欠である。そこで、本研究では、水産都市のエネルギーに関連して地球温暖化対策を検討する。

### 1-1-3 水産都市の衰退と今後の対策

我が国の水産業や水産関連産業は、国民の食生活を支える重要な産業であるとともに、地域社会の雇用を支える基幹産業として大きな役割を果たしてきた。一方、労働力の安定的な確保が難しい状況や、原燃料費や諸資材費の値上がりによる生産コストの上昇傾向、海外からの安価な輸入水産加工品との国際競争等により、大変厳しい状況に直面している。

このような状況を背景として、水産都市においては、少子高齢化の進展による後継者難、若年労働者の地域外移転等により、人口減少が顕著にみられる。また、水産都市においては関連産業の集積や、それに伴う商業・生活関連産業の発展も過去には見られたが、水産業の衰退とともに、水産都市全体が衰退する傾向が見受けられる。

今後の対応策として、衰退を食い止める方策が文献<sup>9)</sup>に示されている。我が国の排他的経済水域内で安定的な水揚げを得る水産業に切替えるために、次世代を産む親魚を十分確保できるように漁獲量を制限する。その上で利益を伸ばすため、鮮度処理や加工による付加価値づけを行い、消費者に価値を伝えるためのマーケティングが必要である。1980年代は諸外国も現在の日本と同様であったが、その後、資源管理と付加価値づけに取組み、水産業を成長産業に転換してきている。

### 1-1-4 水産関連産業の新たな動き

近年、食品の衛生管理として、HACCP（Hazard Analysis Control Point、危害分析重要管理点）に大きな関心が寄せられている。当該食品に潜在的に存在し、健康を損ねるような危害を制御するあるいは有意に減らす重要な管理点を決定し、その管理点をリアルタイムで監視するという食品の安全保障のための管理手法のことで、国際的な新しい食品の安全管理になっている。

また、1次産業としての農林漁業と、2次産業としての製造業、3次産業としての小売業等の事業との総合的かつ一体的な推進を図り、農山漁村の豊かな地域資源を活用した新たな付加価値を生み出す取組みである「6次産業化」が注目されている。これにより農山漁村の所得の向上や雇用の確保を目指している。なお、太陽光、風力、バイオマス等の自然エネルギーも地域資源に含まれる。

当初は「1次産業＋2次産業＋3次産業＝6次産業」として提唱されたが、1次産業、2次産業、3次産業のどれかが欠けても成り立たないことから、現在では「1次産業×2次産業×3次産業＝6次産業」の意味であるとの解釈がなされている。

さらに、1次産業として「陸上養殖」も実用化され、例えば温泉熱という地域資源を活用した6次産業も増加しつつある。



## 1-2 既往研究及び調査の概要

### 1-2-1 漁村・漁港地域における自然エネルギーを利用した振興策の検討<sup>9)~11)</sup>

東日本大震災を受けて、漁村・漁港地域におけるエネルギーの小規模分散・地産地消を追及した調査研究である。太陽光、陸上風力、地熱（温泉熱）、小水力、洋上風力、潮流、波力、潮汐、海洋温度差の各発電について調査をしている。冷凍冷蔵庫の電力負荷は大きく、再生可能エネルギーによる発電の調整用に利用できないかという提案も記されている<sup>9)</sup>。また、最終年度には、宮城県名取市関上漁港と岩手県宮古市宮古港を選定して、漁港地域固有の海水の安定した熱エネルギーを活用したヒートポンプシステムによる熱供給と、太陽光発電によるエネルギー供給のフィージビリティ・スタディを行っている<sup>11)</sup>。しかしながら、自然エネルギーを活用できる地域が限定されていることも付記されている。

### 1-2-2 地域分散型トータルエネルギー供給システムに関する基礎的研究<sup>12)</sup>

この研究内容は多岐に渡っているが、本研究に関連するのは、第5章の「都市部の卸売市場における分散型エネルギー供給システムに関する研究」である。東京都中央卸売市場のエネルギー消費量調査を行った結果、水産部の電力使用量が青果部の約1.5倍に相当すること、その要因は冷蔵設備にあることがわかった。そこで、東京湾岸部の冷凍冷蔵庫の季節別時刻別の電力負荷パターンを調査し、電力契約等でその特性を6種類に類型化した。

さらに、東京都中央卸売市場のひとつである築地市場に、ガスエンジン・コージェネレーションを用いたエネルギー供給方式を導入することを検討した。ガスエンジン廃熱は蒸気焚アンモニア吸収冷凍機に利用し、それを冷凍冷蔵庫に用いることを仮定し計算を行っている。なお、熱と電力のバランスに課題がある時間帯があることが記されている。

### 1-2-3 防災・環境面からみた民生用コージェネレーションシステムに関する研究<sup>13)~15)</sup>

非常時の自立分散電源として、常用コージェネレーションシステムを導入している場合が多いが、発電時の廃熱を平常時にうまく使えていない事例も多い<sup>14)</sup>。そこで、平常時の省エネ性、環境性、経済性も併せて向上させることを目的として、民生用コージェネレーションを対象に研究がなされた。文献<sup>13)</sup>及び<sup>14)</sup>は東京都を対象とし、文献<sup>15)</sup>は大阪府を対象としているが、いずれも燃料は都市ガスを用い、電主熱従運転を仮定している。文献<sup>13)</sup>においては災害時の帰宅困難者も考慮し、駅周辺での一時滞在者へのエネルギー供給を視野に入れ、万一都市ガスの供給が途絶えた場合には、用途を限定して備蓄燃料でコージェネレーションシステムを運転することが示されている。文献<sup>14)</sup>は官公庁施設と厚生医療施設を対象として、ガスタービンコージェネレーションの導入を前提として検討を行ったものである。平常時のピーク電力を賄えるコージェネレーションを導入した場合、調査31施設に対して約2~21%の省エネを図ることができる計算結果となった。なお、都市ガスの中圧配管が付近にない場合の課題も指摘されている。文献<sup>15)</sup>はオフィスビルを対象に、企業の事業継続の視点も含めて検討したものである。現状非常時に72時間稼働分の燃料を備蓄

する建物は、22 棟中 2 棟という調査結果が報告されている。常用防災兼用機として、平常時は都市ガス、非常時には液体燃料も使用できるマルチフューエルエンジンを前提に、対象 47 施設に対し契約電力の 49%の電力を供給できる機器を設置することを仮定し、平均して約 14%の省エネを図ることができる結果となった。

### 1-3 本研究の目的

#### 1-3-1 エネルギーデータ調査・分析の視点

本研究は、水産都市の地域エネルギーシステムを考えるものであるが、そもそも有用なエネルギーデータがこれまではほとんどなかった。そこで、最初に水産都市のエネルギーデータを収集し、その分析を行うことを本研究の目的とする。

#### 1-3-2 環境・防災まちづくりの視点

本研究は非常時の水産都市の電力確保と、平常時の水産都市の地球温暖化対策を目的として、コージェネレーションシステムによる地域分散型エネルギーシステムの導入を考える。即ち、地域分散型発電システムとしてのコージェネレーションシステムが、平常時の水産都市で有効であるとの仮説をたて、その仮説が正しいかどうかを検証するために、必要なエネルギーデータの収集や分析を行う。また、平常時の省エネ性がありこの仮説が正しいと判断できる水産都市について、コージェネレーションシステムによる非常時の電力供給を考察する。

#### 1-3-3 水産都市再生の視点

我が国の水産都市はその長い歴史の中で発展してきたが、近年、水揚げの減少等に伴い水産都市全体が衰退傾向にある。そこで、本研究では水産都市の再生を最終的な目的として、観光や新たな産業の創出による「にぎわいまちづくり」や、新たな雇用を生み出すことを前提とした地域エネルギーシステムを考える。具体的には、環境・防災に加え、陸上養殖や6次産業あるいは観光の要素も加えたモデルを設定する。地域エネルギーシステムの気象条件の違いによる影響を分析し、モデルの妥当性を考察する。

### 1-4 本研究の位置づけ

(1) 本研究は漁港周辺地域全体を対象としたもので、かつ、各水産都市の比較を行ったものである。その上で共通点と相違点を考察することは、次のステップである個別の水産都市のエネルギー問題を検討する際に、有益であると考ええる。

(2) 平常時の省エネルギーと非常時の電力確保を目的とした既往研究はあるが、本研究はこれまで行われていない、水産都市を対象としたコージェネレーションシステムの導入に関するものである。

(3) 水産都市に関するエネルギー消費実態調査に関して、これまではほとんど行われていなかった。そこで 本研究では、現状のエネルギー消費量をフィールド調査・ヒアリング調査・統計調査・文献調査を組合せて推定した。なお、本研究では実態を重視し、入手したデータやヒアリング内容に基づき、分析や運転パターンの推定を行った。

(4) 水産都市の再生を前提に構築した本研究でのモデルは、フィールド調査による実例を組合せて想定したもので、将来的には実現可能なものと考えられる。

## 1-5 本研究の構成

本研究の構成を図 1-1 に示す。

### 「水産都市の環境・防災まちづくりに向けた地域エネルギーシステムに関する研究」

#### ー コージェネレーションシステムを中核とした場合の検討 ー

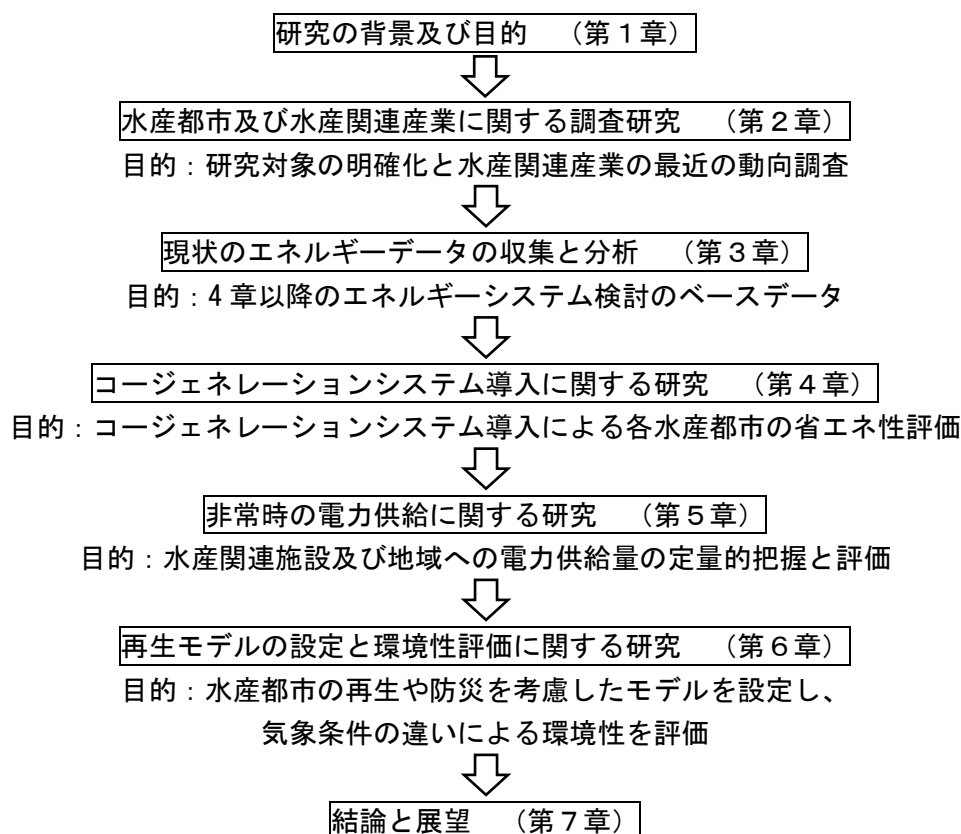


図 1-1 本論文の構成

## 第 1 章の参考文献

- 1) 土木学会 地震工学委員会 地震防災技術普及小委員会  
緊急調査団:土木学会 東日本大震災被害調査団 地震被害調査報告書、pp. 28-29, 2011. 8
- 2) 丸谷浩明、寅屋敷哲也:東日本大震災の被災中小企業ヒアリングで把握された事業継続の必要要素と復興制度の事業継続面での課題、地域安全学会論文集 No. 28, No. 8, 2016. 3
- 3) 寅屋敷哲也、丸谷浩明:ライフライン等の優先復旧による魚市場の事業継続についての考察 - 東日本大震災の気仙沼市魚市場再開課程のケーススタディより - 、地域安全学会梗概集 No. 38、2016. 3
- 4) 漁業・水産業における東日本大震災被害と復興に関する調査研究（平成 24 年度事業報告）、一般財団法人東京水産振興会、2013. 6
- 5) 漁業・水産業における東日本大震災被害と復興に関する調査研究（平成 25 年度事業報告）、一般財団法人東京水産振興会、2014. 7
- 6) 漁業・水産業における東日本大震災被害と復興に関する調査研究（平成 26 年度事業報告）、一般財団法人東京水産振興会、2015. 8
- 7) 水産総合研究センター地球温暖化対策研究戦略、独立行政法人水産総合研究センター、2008. 7
- 8) 勝川俊雄：水産資源どう守る④、日本経済新聞（平成 30 年 10 月 17 日朝刊）、経済教室
- 9) 漁村・漁港地域における自然エネルギーを利用した振興策の検討（平成 25 年度報告書）、一般財団法人東京水産振興会、2014. 3
- 10) 漁村・漁港地域における自然エネルギーを利用した振興策の検討（平成 26 年度報告書）、一般財団法人東京水産振興会、2015. 3
- 11) 漁村・漁港地域における自然エネルギーを利用した振興策の検討（平成 27 年度報告書）、一般財団法人東京水産振興会、2016. 7
- 12) 博士論文・地域分散型トータルエネルギー供給システムに関する基礎的研究、早稲田大学大学院理工学研究科・建設工学専攻・都市環境研究・柳澤聡子、2003. 3
- 13) 稲垣恵子、佐土原聡:都市域における防災・環境面からみた分散型エネルギー拠点構築ポテンシャル評価、日本建築学会技術報告集 第 21 巻 第 47 号、PP. 205-208、2015. 2
- 14) 崔錦丹、佐土原聡、吉田聡：東京都における自立分散型電源の導入拠点の構築に関する研究- 官公庁施設と厚生医療施設を対象とした C G S の導入 -、地域安全学会論文集、No. 19、pp. 39-49、2013. 3
- 15) 則武賢成他 7 名：大阪御堂筋における安全街区構築に伴うエネルギー供給システムに関する調査研究、日本建築学会 2006 年度関東支部研究発表会、PP465-468、007. 3

## 第 2 章

### 水産都市及び水産関連産業に関する調査研究



## 第2章 水産都市及び水産関連産業に関する調査研究

### 2-1 はじめに

本研究における水産都市の定義と調査対象都市の概要について示した上で、研究の前提となる、水産関連産業におけるエネルギー消費の概要や新たな動きについて記す。

### 2-2 水産都市と本研究での調査対象

#### 2-2-1 本研究における水産都市の定義と調査対象都市

本研究における水産都市とは、水産庁管轄下の大規模漁港である特定第三種漁港（以下「特三漁港」と略す）を有する都市とする。なお、水産庁管轄下の漁港の類別と漁港数は、表2-1のとおりである。また、特定第三種漁港は、遠洋漁業の9割以上、沿岸漁業の5割以上の水揚げがある。

表 2-1 漁港の分類と漁港数  
(水産庁 HP「指定漁港数一覧表[2018.4]」より)

| 分類      | 内容                               | 漁港数   |
|---------|----------------------------------|-------|
| 第一種漁港   | その利用範囲が地元の漁業を主とするもの              | 2,089 |
| 第二種漁港   | その利用範囲が第1種漁港よりも広く、第三種には属さないもの    | 521   |
| 第三種漁港   | その利用範囲が全国的なもの                    | 101   |
| 第四種漁港   | 離島その他辺地にあつて漁場の開発または漁船の避難上特に必要なもの | 99    |
| 特定第三種漁港 | 第三種漁港のうち水産業の振興上特に重要な漁港で、政令で定めるもの | 13    |

調査対象都市は、八戸市、気仙沼市、石巻市、塩竈（以下「塩釜」と表記）市、銚子市、三浦市、焼津市、境港市、浜田市、下関市、福岡市、長崎市、枕崎市の13都市である。

#### 2-2-2 水産都市の概要

水産都市の概要<sup>1)</sup>並びにフィールド調査時期を表2-2に示す。以下、歩いて調査した結果を水産都市別にまとめる。

表 2-2 水産都市の概要と調査時期

(水揚げ高、人口、世帯数、面積は全国漁港漁協組合 HP[2018.7 更新]より)

| 水産都市 | 特三漁港  | 水揚げ高<br>(t) | 水揚げ高<br>(百万円) | 人口<br>(人) | 世帯数     | 面積<br>(km <sup>2</sup> ) | 調査時期    |
|------|-------|-------------|---------------|-----------|---------|--------------------------|---------|
| 八戸市  | 八戸漁港  | 99,972      | 19,990        | 230,738   | 107,972 | 305.54                   | (震災影響)  |
| 気仙沼市 | 気仙沼漁港 | 75,666      | 19,933        | 65,138    | 26,422  | 333.38                   | 2013.10 |
| 石巻市  | 石巻漁港  | 112,656     | 20,832        | 146,162   | 61,259  | 554.58                   | (復興確認)  |
| 塩釜市  | 塩釜漁港  | 25,473      | 14,142        | 56,564    | 22,406  | 17.86                    | 2015.11 |
| 銚子市  | 銚子漁港  | 275,577     | 26,098        | 63,857    | 27,496  | 84.20                    | 2015. 8 |
| 三浦市  | 三崎漁港  | 32,917      | 29,044        | 48,127    | 17,929  | 31.31                    | 2012. 6 |
| 焼津市  | 焼津漁港  | 153,508     | 51,582        | 140,189   | 56,682  | 70.31                    | 2012. 9 |
| 境港市  | 境漁港   | 107,473     | 20,892        | 34,808    | 15,152  | 29.10                    | 2015.10 |
| 浜田市  | 浜田漁港  | 16,953      | 4,791         | 56,159    | 26,628  | 690.66                   | 2015.10 |
| 下関市  | 下関漁港  | 31,070      | 19,958        | 260,661   | 115,969 | 715.93                   | 2014.11 |
| 福岡市  | 博多漁港  | 70,382      | 45,722        | 1,570,095 | 797,104 | 343.39                   | 2014.11 |
| 長崎市  | 長崎漁港  | 135,663     | 35,447        | 426,631   | 209,035 | 405.86                   | 2015. 5 |
| 枕崎市  | 枕崎漁港  | 100,366     | 14,934        | 23,657    | 11,330  | 74.88                    | 2015. 5 |

(1) 八戸市

現在の中心市街地は八戸藩発祥の地である。中心市街地から離れているものの、古くからの漁港である「鮫浦」は三陸沿岸の要港であり、その周辺でも水産都市が発展してきた。

例えば、図 2-1 に示す「旧八戸商業銀行小中野支店」(後に、カフェ「ハトバ」)は、1918、19 年頃に建造された八戸市最古の洋風木造建築で、ギリシア・ローマの流



図 2-1 八戸市最古の洋風木造建築  
(2013. 10)



図 2-2 酒造会社 (2013. 10)



図 2-3 ゴム製品販売 (2013. 10)





図 2-4 第三魚市場 A 棟 (2015. 11)



図 2-5 館鼻岸壁朝市 (2013. 10)

れを取り入れたドームが港町の特徴を物語っている。また、図 2-2 や図 2-3 に見られるように、生活に関連した産業も存在しており、同様なことが他の水産都市でも見られる。

八戸漁港の主要魚種は、イカ、サバ、イワシ等であり、大中型漁船の第一魚市場、底曳網漁船の第二市場、イカ釣り漁船の第三魚市場に分かれている。また、対 EU 輸出基準に対応すべく高度衛生管理に対応し、東日本大震災後、第三魚市場 A 棟 (図 2-4) が完成した。セリの代わりにパソコンでの取引がなされている。

また、第三魚市場周辺の館鼻岸壁の日曜朝市 (図 2-5) は日本最大級で、観光名所ともなっている。全長 800m で約 300 の店が立ち並び、日の出から 9 時頃まで開催され、1~2 万人の人出がある。

中心市街地と魚市場等の位置関係を図 2-6 に、第 3 魚市場と背後地の水産加工集積地区を図 2-7 に示す。



図 2-6 八戸市の中心市街地と魚市場の位置関係



図 2-7 第三魚市場と背後地の水産加工集積

## (2) 気仙沼市

気仙沼は、リアス式海岸の海と山に囲まれ、中心市街地も漁港とともに発展してきたが、現状では衰退感もあり、今後は観光と一体となった新たな街づくりが期待されている。三陸沖の好漁場を控えており、サンマ、カツオ、サメ、マグロ等が主要魚種である。東日本大震災では、魚市場、冷凍冷蔵庫、製氷庫、水産加工工場が甚大な被害を受け、南気仙沼



図 2-8 気仙沼魚市場 (2015. 11)



図 2-9 赤岩港地区 (2015. 11)



図 2-10 鹿折地区 (2015. 11)





図 2-11 気仙沼市の中心市街地と魚市場及び水産加工集積等

地区、赤岩港地区、鹿折地区の3つに分かれ、水産加工施設の復興がなされている。

図 2-8 に気仙沼魚市場を示す。また、図 2-9 に 2015 年 11 月当時の赤岩港地区を、図 2-10 に鹿折地区の復興の状況を示す。赤岩港では、CEMS (community energy management system) を導入して、電力の需要と供給との統合的管理がなされている。なお、新設水産加工工場では、HACCP 対応が図られている工場が多い。

図 2-11 に示すように、鹿折地区は中心市街地に比較的近く、南気仙沼地区は、魚市場の背後地になる。また、大川を挟んで南気仙沼地区の反対側が赤岩港地区である。

### (3) 石巻市

石巻市の中心市街地は JR の石巻駅周辺地域であり、漁港とは離れているが、水産業とともに発展してきた都市である。黒潮と親潮が交わる世界三大漁場の金華山沖を控え魚種が豊富であり、サバ、イワシ、タラ、カツオ、イカ、ギンザケ等が主要魚種である。



中心市街地と魚市場等の位置関係を図 2-12 に、魚市場と背後地の水産加工集積等を図 2-13 に示す。



図 2-12 石巻市の中心市街地と魚市場の位置関係



図 2-13 石巻魚市場と背後地の水産加工集積等



図 2-14 仮設石巻魚市場 (2013. 10)

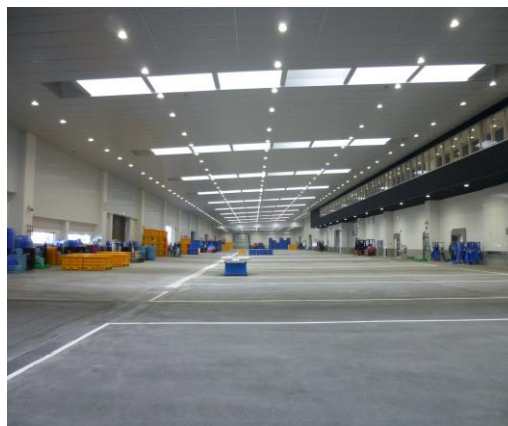


図 2-15 新石巻魚市場 (2015. 11)



図 2-16 新石巻魚市場屋上太陽光発電

\* 石巻市水産物地方卸売市場「いしのまき」

パンフレット (2015. 9. 1) より引用



図 2-17 石巻魚市場製氷庫 (2015. 11)

東日本大震災では、魚市場及び背後地の冷凍冷蔵庫、製氷庫、水産加工工場が甚大な被害を受けた。石巻魚市場は、図 2-14 の仮設市場で水揚げを行い、2015 年 9 月より図 2-15 及び図 2-16 の新魚市場での供用を開始した。

新魚市場の屋上には、550kW の太陽光発電が設置され、閉鎖型市場内施設は高度衛生管理応で、電動式フォークリフトも含め、電力使用量が増大している。電力使用量は時刻別に毎日記録・保存され、図 2-17 に示す製氷庫の時刻別データも入手した。

#### (4) 塩釜市

かつて塩釜は商港として栄え、中心市街地が形成されてきた。漁港としての機能も備わり、水産都市としても発展してきたが、1965 年に現在地に移転したため、中心市街地とは離れている。かつてはサンマや北洋海域でのタラ、スケソウタラ、サケ・マスが中心であったが、現在は生鮮メバチマグロが中心となり、ブランド化している。

中心市街地と魚市場等の位置関係を図 2-18 に、魚市場等と背後地の水産加工団地を図 2-19 に示す。





図 2-18 塩釜市の中心市街地と魚市場等の位置関係



図 2-19 塩釜魚市場等と背後地の水産加工団地



図 2-20 塩釜新魚市場の一部 (2015. 11)



図 2-21 塩釜仲卸市場 (2013. 10)

東日本大震災後、魚市場の建替工事を始め、2017 年 10 月に高度衛生管理型の新魚市場が完成した（先行完成建屋を図 2-20 に示す）。また、隣接して図 2-21 に示す仲卸市場があり、現在では観光化している。仲卸市場の屋上には 100kW の太陽光発電が設置されている。

#### (5) 銚子市

黒潮と親潮のぶつかる好漁場に位置し、イワシ、サンマ、サバ、生マグロ、カツオ、キンメダイ、タイ、ヒラメ等が主要魚種である。第一市場では生マグロ、第二市場ではサバやイワシ、第三市場ではキンメダイ、ヒラメ、生サンマ等が水揚げされる。第二市場に隣接して、図 2-22 の製氷庫が設置されている。

図 2-23 は銚子みなとまつりのみこしパレードで、かつて醤油工場があった市役所から銚子神社まで練り歩くものである。首都圏に近いことから、観光的要素もある。

銚子は醤油と水産業で発達してきた歴史があり、中心市街地は醤油産業の周辺に形成され、第一市場も中心市街地に隣接している。また、第三市場の背後地に、水産加工工場が集積している。中心市街地と魚市場等の位置関係を図 2-24 に、魚市場等と背後地の水産加工集積を図 2-25 に示す。



図 2-22 銚子漁協製氷工場 (2015. 8)



図 2-23 銚子みなとまつり (2015. 8)





図 2-24 銚子市の中心市街地と魚市場等の位置関係



図 2-25 各魚市場と背後地の水産加工集積

#### (6) 三浦市

水産業で発達してきた街であり、図 2-26 に示すように、中心市街地は漁港に隣接してい





図 2-26 三浦市の中心市街地と魚市場及び水産加工集積等

る。かつては大変にぎわった街並みも衰退気味であるが、首都圏に近く風光明媚で温暖な気候であることも魅力の一つであり、商店街に新たな住人が加わる等、徐々に変化が出てきている。

明治末期よりマグロ船の基地として定着しており、昭和 40 年代後半の漁船の近代化、冷凍技術の急速な進歩により、市場取引の方法や出荷方法も変わり、水揚げが減少してきた。主要魚種は冷凍マグロであり、マグロー匹ごとに価格をつける「目利き」システムを採用しており（図 2-27）、特にメバチマグロの評価基準産地として、依然高い位置づけとなっている。これは、「三崎のマグロ」のブランドを支える強みである。

図 2-28 に海南神社の夏の例大祭を、図 2-29 にお盆期間の「みうら夜市」を紹介する。観光的要素はあるものの、この時期には若者が戻り、例大祭の神輿は、木遣りを伴い町内の一軒一軒を訪れる等、地元の自分達のイベントという想いを感じる。



図 2-27 三崎魚市場（2014. 5）



図 2-28 海南神社の夏の例大祭(2012. 7)



図 2-29 みうら夜市 (2012. 8)

### (7) 焼津市

焼津地区と小川地区があり、焼津地区は、カツオやマグロを主とした遠洋漁業で、小川地区はサバやアジを主とした沿岸・沖合漁業が行われている。焼津は水産業とともに発展し、中心市街地は図 2-30 に示すように、駅を中心に広範囲となっており、魚市場も隣接している。また、従来は「浜通り」に水産加工工場も集積していたが、住宅建設等の影響で周辺地区に移転するようになった。



図 2-30 中心市街地と各魚市場との位置関係





図 2-31 新屋売場と水産加工点在の状況

また、図 2-31 に魚市場の背後地の水産加工点在の状況を示す。さらに、図 2-32 に小川漁協全自動冷蔵庫を示す。

なお、焼津市の海面漁業就業者数の全産業の従業者数に占める割合は 1.2%と大きくはないが、生鮮魚介卸売業、水産食料品製造業、冷凍倉庫業、船舶製造・修理業及び舶用機関製造業、木製容器製造業、燃油販売業等直接関連する産業や、運輸業、金融業、宿泊業等間接的なものまで多くの関連産業を支えている（農林水産省「漁業センサス」（2008 年）、平成 18 年事業所・企業統計調査（焼津市））。漁業に関連する産業の従業者は、焼津市の全産業の 2 割を占めるに至り、漁業を核とした産業クラスターが展開されている<sup>17)</sup>。



図 2-32 小川漁協全自動冷蔵庫(2012. 9)



図 2-33 境港市の中心市街地と魚市場及び水産加工集積等

#### (8) 境港市

三方を海に囲まれ、島根半島が天然の防波堤の役割を果たす自然条件に恵まれ、古くから港を中心に発展してきた。駅や漁港を中心に商店街が形成され、現在は「水木しげるロード」として観光名所にもなっている。ここが中心市街地であり、少し離れた場所に境漁港と背後地に水産加工集積地が形成された（図 2-33）。

主要魚種は、ベニズワイガニ、クロマグロ、アジ、サバ、イワシ等である。図 2-34 にベニズワイガニのセリの状況、図 2-35 に一般魚のセリの状況を示す。



図 2-34 ベニズワイガニのセリ (2015. 10)



図 2-35 一般魚のセリ (2015. 10)





図 2-36 浜田市の中心市街地と魚市場との位置関係

#### (9) 浜田市

浜田駅周辺に、中心市街地が形成されている。元城下町であるが、水産業が主要産業であり、中心部より漁港は離れている（図 2-36）。



図 2-37 魚市場等と背後地の水産加工団地



図 2-38 浜田魚市場のセリ (2015. 5)



図 2-39 公設水産物仲買市場 (2015. 5)

また、漁港に隣接して、奥の方に水産加工団地が整備されている（図 2-37）。アジ、ノドグロ、カレイが主要魚種で、「どんちっち」ブランドとして出荷している。この他、アジ、サバ、イカ、アンコウ等の水揚げも大きい。図 2-38 に浜田魚市場のセリの状況を示す。日本の懐かしい風情が色濃く残る街であり、特に、公設水産物仲買市場（図 2-39）はその感が強い。

#### (10) 下関市

九州や東アジアへの交通の要所として栄えた歴史があり、下関駅周辺から唐戸地区に至る広範囲な地域が中心市街地であり、下関漁港も中心市街地に隣接している（図 2-40）。水産業も重要な産業となっており、フグの他、ウニ、アンコウ、イカ等が主要魚種になっている。フグ専用の南風泊魚市場と水産加工団地が 1970 年に完成し、唐戸市場でフグやその他の販売がなされている。



図 2-40 中心市街地と魚市場等との位置関係





図 2-41 魚市場と水産加工点在の状況

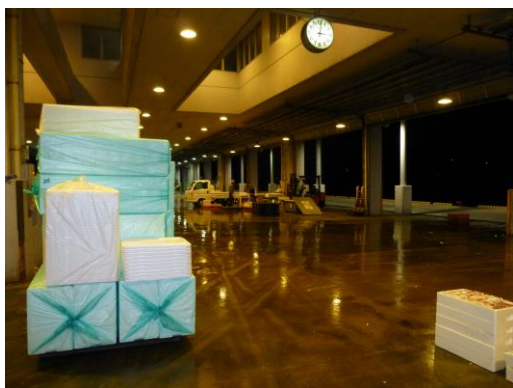


図2-42 下関中央魚市場のセリ準備(2014. 10)



図 2-43 南風泊魚市場の水槽 (2014. 10)

図 2-41 に魚市場と水産加工点在の状況を示す。また、図 2-42 に下関中央魚市場のセリ準備（午前 3 時）の状況、図 2-43 に南風泊魚市場のフグの水槽、図 2-44 に唐戸市場の状況を示す。



図 2-44 唐戸市場 (2014. 10)

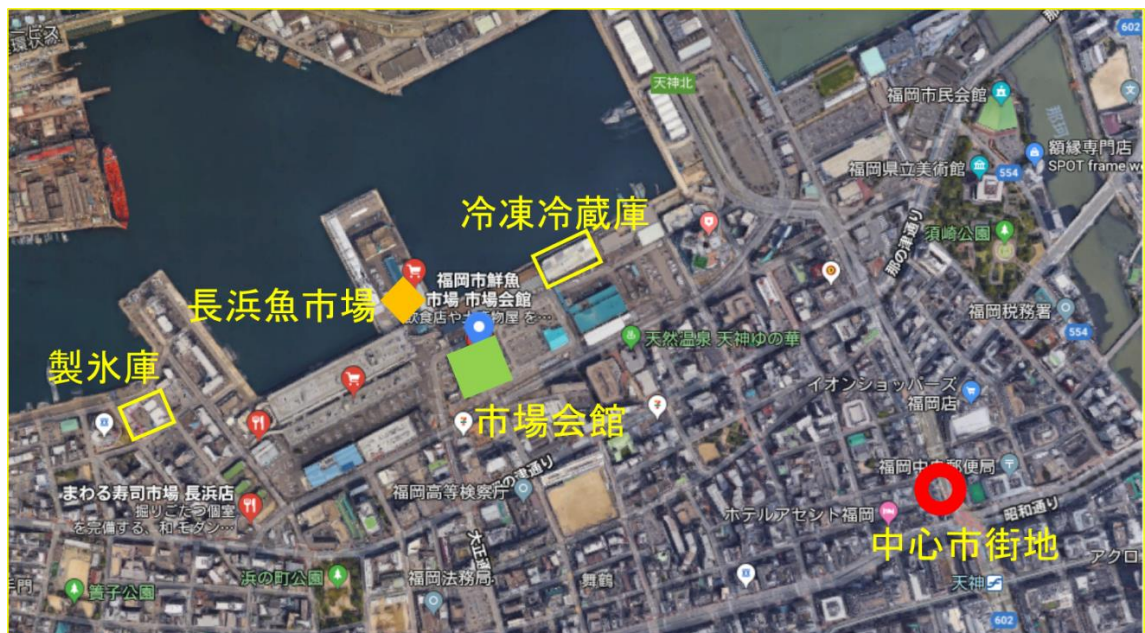


図 2-45 福岡市の中心市街地と魚市場との位置関係

#### (11) 福岡市

城下町としての天神地区と、商人町としての博多地区から中心市街地が形成されており、博多漁港も隣接している（図 2-45）。このため、長浜鮮魚市場（図 2-46）内以外には水産関係施設の建設が難しく、水産加工工場等は離れた場所に立地している。

福岡都市圏の大消費地を控え、水産業の取扱量も多く、ブリ、サバ、アジ等が主要魚種になっている。また、市場内には図 2-47 に示す、13 階建の市場会館や水産関係者の事務所等が整備されている。

#### (12) 長崎市

長崎駅から大浦に至るまでの広範囲が中心市街地となっており、長崎港国際ターミナルや出島等も含まれている。図 2-48 に中心市街地と魚市場の位置関係を示す。



図 2-46 長浜鮮魚市場の一部 (2014. 10)



図 2-47 市場会館 (2014. 10)





図 2-48 長崎市の中心市街地と魚市場の位置関係



図 2-49 長崎魚市場と水産加工集積等

長崎漁港は、もともとは長崎港内に位置していたが、漁船の大型化に伴う水深不足や、停泊地面積の不足等を背景として、15 km 離れた三重地区に、1989 年に移転した。主要魚種は、カツオ、アジ、サバ、ブリ、アマダイ等である。図 2-49 に長崎魚市場と水産加工集積等を示す。

漁港移転と併せて、車で 5 分以内程度の場所に、小規模な水産加工集積地も造った。図 2-50 に、魚市場と水産加工集積地の対岸からの写真を示す。



図 2-50 魚市場と水産加工集積 (2015. 5)

### (13) 枕崎市

枕崎駅周辺地域が中心市街地となっており、漁港とは多少離れている。「カツオのまち」として発展してきたが、他にもマグロ、アジ、サバ、イワシ等が主要魚種である。外港南側で冷凍カツオ、外港北側で青物魚種、内港で沿岸物の水揚げと区別されている。

図 2-51 に枕崎市の中心市街地と魚市場との位置関係を示す。また、同じカツオの産地で薩摩半島内の近くに位置する山川漁港（指宿市）周辺では、水産加工団地が形成されているが、枕崎では漁港から少し離れて、カツオ節製造工場が点在している（図 2-52）。



図 2-51 枕崎市内の中心市街地と魚市場の位置関係





### 2-2-3 水産都市の気温と水温

本研究に関連して、水産都市の気温と水温のデータが必要となる。

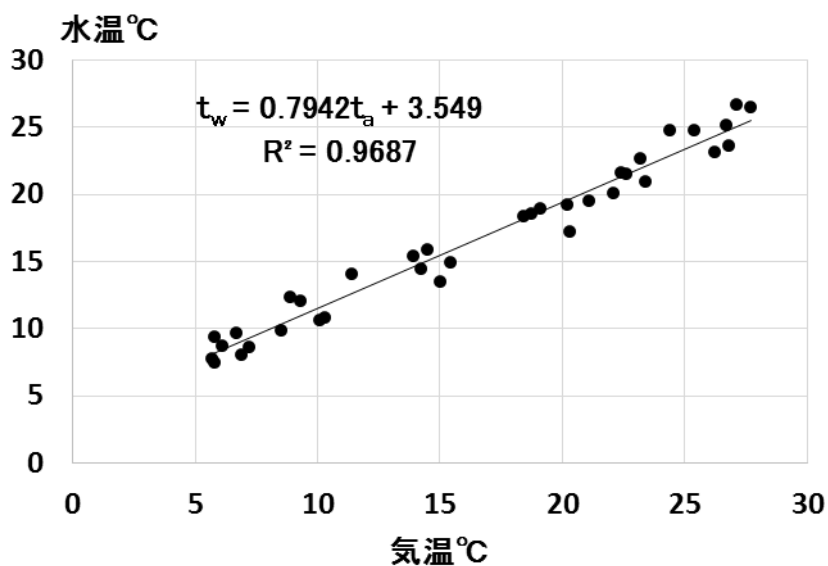


図 2-55 東京都における気温と水道水温の関係

気温については、水産都市別に気象庁の過去のデータ<sup>2)</sup>があるが、水温についてはデータがないので、東京の気温と水温<sup>3)</sup>の関係から推定式により求めた。

東京都の気温と水道水温の関係は図 2-55 のようになる。これより、式 (2-1) を得る。

$$t_w = 0.7942 \times t_a + 3.549 \quad (2-1)$$

$t_w$  : 水温 (°C)       $t_a$  : 気温 (°C)

月別の水産都市の気温と水温をまとめると、表 2-3 及び表 2-4 のようになる。

表 2-3 水産都市の気温

単位：℃

| 水産都市 | 4月   | 5月   | 6月   | 7月   | 8月   | 9月   | 10月  | 11月  | 12月  | 1月   | 2月   | 3月   | 平均   |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 八戸   | 8.5  | 13.1 | 16.2 | 20.1 | 22.5 | 18.9 | 13.0 | 6.9  | 1.8  | -0.9 | -0.5 | 2.7  | 10.2 |
| 気仙沼  | 8.8  | 13.4 | 17.1 | 20.8 | 22.9 | 19.3 | 13.6 | 7.8  | 2.9  | 0.1  | 0.5  | 3.4  | 10.9 |
| 石巻   | 9.4  | 14.0 | 17.7 | 21.4 | 23.5 | 20.1 | 14.5 | 8.5  | 3.5  | 0.7  | 1.2  | 4.1  | 11.6 |
| 塩釜   | 9.3  | 14.0 | 17.6 | 21.2 | 23.2 | 19.8 | 14.3 | 8.5  | 3.5  | 0.6  | 0.9  | 3.8  | 11.4 |
| 銚子   | 13.3 | 16.9 | 19.5 | 22.9 | 25.2 | 23.0 | 18.7 | 14.0 | 9.2  | 6.4  | 6.6  | 9.1  | 15.4 |
| 三浦   | 14.1 | 18.0 | 20.9 | 24.4 | 26.3 | 23.2 | 18.1 | 13.4 | 9.0  | 6.4  | 6.6  | 9.3  | 15.8 |
| 焼津   | 14.9 | 18.8 | 22.0 | 25.7 | 27.0 | 24.1 | 18.9 | 13.9 | 9.0  | 6.7  | 7.3  | 10.3 | 16.6 |
| 境港   | 13.1 | 17.6 | 21.4 | 25.5 | 27.0 | 22.9 | 17.3 | 12.0 | 7.2  | 4.6  | 5.0  | 7.9  | 15.1 |
| 浜田   | 13.3 | 17.4 | 21.1 | 25.2 | 26.5 | 22.6 | 17.4 | 12.8 | 8.6  | 6.0  | 6.2  | 8.7  | 15.5 |
| 下関   | 14.5 | 18.6 | 22.3 | 26.3 | 27.6 | 24.4 | 19.4 | 14.2 | 9.4  | 6.9  | 7.2  | 9.9  | 16.7 |
| 福岡   | 15.1 | 19.4 | 23.0 | 27.2 | 28.1 | 24.4 | 19.2 | 13.8 | 8.9  | 6.6  | 7.4  | 10.4 | 17.0 |
| 長崎   | 15.4 | 19.4 | 22.8 | 26.8 | 27.9 | 24.8 | 19.7 | 14.3 | 9.4  | 7.0  | 7.9  | 10.9 | 17.2 |
| 枕崎   | 16.4 | 19.9 | 23.2 | 26.9 | 27.6 | 25.2 | 20.4 | 15.5 | 10.7 | 8.8  | 9.7  | 12.4 | 18.1 |

表 2-4 水産都市の水温

単位：℃

| 水産都市 | 4月   | 5月   | 6月   | 7月   | 8月   | 9月   | 10月  | 11月  | 12月  | 1月   | 2月   | 3月   | 平均   |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 八戸   | 10.3 | 14.0 | 16.4 | 19.5 | 21.4 | 18.6 | 13.9 | 9.0  | 5.0  | 2.8  | 3.2  | 5.7  | 11.6 |
| 気仙沼  | 10.5 | 14.2 | 17.1 | 20.1 | 21.7 | 18.9 | 14.3 | 9.7  | 5.9  | 3.6  | 3.9  | 6.2  | 12.2 |
| 石巻   | 11.0 | 14.7 | 17.6 | 20.5 | 22.2 | 19.5 | 15.1 | 10.3 | 6.3  | 4.1  | 4.5  | 6.8  | 12.7 |
| 塩釜   | 10.9 | 14.7 | 17.5 | 20.4 | 22.0 | 19.3 | 14.9 | 10.3 | 6.3  | 4.0  | 4.3  | 6.6  | 12.6 |
| 銚子   | 14.1 | 17.0 | 19.0 | 21.7 | 23.6 | 21.8 | 18.4 | 14.7 | 10.9 | 8.6  | 8.8  | 10.8 | 15.8 |
| 三浦   | 14.7 | 17.8 | 20.1 | 22.9 | 24.4 | 22.0 | 17.9 | 14.2 | 10.7 | 8.6  | 8.8  | 10.9 | 16.1 |
| 焼津   | 15.4 | 18.5 | 21.0 | 24.0 | 25.0 | 22.7 | 18.6 | 14.6 | 10.7 | 8.9  | 9.3  | 11.7 | 16.7 |
| 境港   | 14.0 | 17.5 | 20.5 | 23.8 | 25.0 | 21.7 | 17.3 | 13.1 | 9.3  | 7.2  | 7.5  | 9.8  | 15.6 |
| 浜田   | 14.1 | 17.4 | 20.3 | 23.6 | 24.6 | 21.5 | 17.4 | 13.7 | 10.4 | 8.3  | 8.5  | 10.5 | 15.8 |
| 下関   | 15.1 | 18.3 | 21.3 | 24.4 | 25.5 | 22.9 | 19.0 | 14.8 | 11.0 | 9.0  | 9.3  | 11.4 | 16.8 |
| 福岡   | 15.5 | 19.0 | 21.8 | 25.2 | 25.9 | 22.9 | 18.8 | 14.5 | 10.6 | 8.8  | 9.4  | 11.8 | 17.0 |
| 長崎   | 15.8 | 19.0 | 21.7 | 24.8 | 25.7 | 23.2 | 19.2 | 14.9 | 11.0 | 9.1  | 9.8  | 12.2 | 17.2 |
| 枕崎   | 16.6 | 19.4 | 22.0 | 24.9 | 25.5 | 23.6 | 19.8 | 15.9 | 12.0 | 10.5 | 11.3 | 13.4 | 17.9 |

## 2-3 水産関連産業とエネルギー

### 2-3-1 水産関連産業におけるエネルギーの概要

水産都市内では、市場、漁港関連施設、製氷庫、冷凍冷蔵庫、水産加工工場、漁船や輸送トラック等でエネルギーが消費される。漁港周辺では、市場（荷捌場照明、魚体選別機、事務所の照明・空調、フォークリフト等）や周辺の照明等に加えて、最近では一部の漁港で、活魚槽の電力供給や陸上から電力を漁船に送り、船のディーゼル発電量を少なくして環境対策を図る「陸電」も行われるようになった。また、特三漁港では、高度衛生管理を前提とした市場の建設・改修が行われ、従来に比べ電力消費が増大している。

製氷庫や冷凍冷蔵庫では電力が大量消費され、水産加工工場では加工品ごとにエネルギー消費実態が異なっている。本研究では、水産都市を同じ条件で類別するため、陸電や漁



港周辺の照明及び漁船やトラック等の輸送エネルギーは除外し、市場及び関連建物、製氷庫、冷凍冷蔵庫の電力消費、水産加工施設の電力・蒸気・ボイラ以外の燃料消費に限定し、エネルギー消費実態を把握した。

## 2-3-2 水産庁調査結果

本研究では水産庁で 2011 年に実施し 2012 年 4 月に「漁港のエコ化（中間とりまとめ）」<sup>4)</sup>として公表した報告の原データにつき、調査を行った一般財団法人漁港漁場漁村総合研究所から、三崎・焼津・境港・浜田・下関・博多・長崎・枕崎の 8 漁港周辺の年間電力消費量を 2012 年 8 月に入手した。本調査には東日本大震災被災の八戸・気仙沼・石巻・塩釜・銚子の 5 漁港分は含まれていなく、また、月別の電力データがなかったため、特三 13 漁港の魚市場及び周辺建物につき、改めて月別電力消費量を調査した。

## 2-3-3 魚市場

魚市場は漁港の中心的存在であり、地域ごとに「セリ」のやり方が異なっており、開場時間もまちまちである。加えて、魚市場が 1 ヶ所か複数か、水産関連産業の事務所や卸売市場の併設の有無、活魚槽の有無、陸電の有無、海水ポンプの有無等により、電力を中心としたエネルギー消費量もまちまちである。従って、魚市場建屋の建築面積や水揚高の数値を分母としてエネルギー消費量原単位を求めても、バラツキが大きい。

## 2-3-4 製氷庫

製氷庫は、製氷、貯氷、機器運転に大別でき、製氷及び貯氷は冷凍機、ユニットクーラー、冷却塔・冷却水ポンプ等で、機器運転はベルトコンベア、クラッシャー、レーク装置等で電力エネルギーが消費される。貯氷室を一定の温度に保つための電力は常時ほぼ一定であり、貯氷量が少なくなってきたら、その都度製氷を行うため、製氷室の電力は間欠的である。

また、氷の生産量は水揚高との相関が高く<sup>5)</sup>、漁船用、加工用（出荷用）、その他と用途が分かれるが、各用途の比率は水産都市によって異なる<sup>6)、7)</sup>。

さらに、氷の生産量と冷凍機の電力消費量との相関も高く、冷凍機の効率は気温との相関もあることから、氷の生産量は気温との相関も高いと考えられる。

なお、（一社）日本冷蔵倉庫協会所属会員の全国の製氷庫は、106 事業所、製氷能力合計で 3,168t/日である<sup>8)</sup>ので、1 事業所当り平均 29.9t/日となる。

## 2-3-5 冷凍冷蔵庫

冷凍冷蔵庫については、倉庫業法施行規則運用方針による冷蔵室の保管温度級別と、（一社）日本冷蔵倉庫協会所属会員の全国の冷凍冷蔵庫の級別事業所数と所管容積を表 2-5 に示す<sup>8)</sup>。

冷凍冷蔵庫は、保管庫、予冷库等から構成され、外壁からの侵入熱量、被冷却物の冷却熱量、換気による熱量、作業員・送風機・室内動力・照明等の熱量を算出して、冷却システムを計画する。冷却システムは、冷凍機、ユニットクーラー、冷却塔・冷却水ポンプ、着霜成長を防止するためのデフロストシステム等で、電力エネルギーが消費される。

冷凍冷蔵庫では収容量当りの消費電力量を原単位とする<sup>9)</sup>。ここで、収容量は設備トンで表され、所管容積 2.5m<sup>3</sup>を 1 設備トンと計算する<sup>10)</sup>ので、本研究では所管容積当りの電力消費量を原単位とする。また、冷凍機の効率は気温との相関もあることから、気温と電力消費量との関係も求める。

表 2-5 冷凍冷蔵庫の級別と保管温度・平均所管容積

| 級別 | 保管温度         | 全国の冷凍冷蔵倉庫 |                     |                               |
|----|--------------|-----------|---------------------|-------------------------------|
|    |              | 事業所数      | 所管容積千m <sup>3</sup> | 平均所管容積<br>m <sup>3</sup> /事業所 |
| C3 | +10℃以下－2℃未満  | 531       | 2,630               | 4,953                         |
| C2 | －2℃以下－10℃未満  | 172       | 386                 | 2,243                         |
| C1 | －10℃以下－20℃未満 | 146       | 349                 | 2,392                         |
| F1 | －20℃以下－30℃未満 | 1,033     | 21,718              | 21,024                        |
| F2 | －30℃以下－40℃未満 | 48        | 536                 | 11,159                        |
| F3 | －40℃以下－50℃未満 | 56        | 161                 | 2,868                         |
| F4 | －50℃未満       | 73        | 741                 | 10,155                        |
| 合計 |              | 2,059     | 26,521              | 12,880                        |

## 2-3-6 水産加工工場

水産加工品は、原料の水産物が豊富であること、加工方法や味付けが多様で、その種類はきわめて多い。製品は、缶・びん詰、かまぼこ類、魚肉ハム・ソーセージ類、冷凍食品、素干し品、塩干品、煮干し品、塩蔵品、燻製品、節製品、塩辛類、水産物漬物、水産物つくだ煮類、乾燥・焙焼・揚げ加工品、寒天、焼・味付けのり等である。日本標準産業分類では、製造業の中の食料品製造業の内、水産食料品製造業に分類される。さらに、水産缶詰・瓶詰製造業、海藻加工業、水産練製品製造業、塩干・塩蔵品製造業、冷凍水産物製造業、冷凍水産食品製造業、その他の水産食料品製造業に細分類されている。各分類の詳細は以下のとおりである。

- ①水産缶詰・瓶詰製造業：魚介類・海藻類を原料とした水産缶詰・瓶詰の製造。
- ②海藻加工業：海藻を原料として海藻加工品を製造。
- ③水産練製品製造業：水産練製品（蒲鉾、焼きちくわ、揚げ蒲鉾）及び魚介類を原料として魚肉ハム・ソーセージを製造。
- ④塩干・塩蔵品製造業：塩干魚介類、塩蔵魚介類を製造。
- ⑤冷凍水産物製造業：水産物を原料として冷凍品を製造。
- ⑥冷凍水産食品製造業：水産物を原料として前処理を施し冷凍水産食品を製造。水産物を原料として冷凍調理品製造。
- ⑦その他の水産食料品製造業：他に分類されない水産食料品で、素干し魚介、煮干魚介、燻製魚介、節類、塩辛、水産佃煮、水産漬物等。

消費されるエネルギーは、電力、蒸気、燃料（蒸気ボイラを除く）であり、加工方法により蒸気や燃料の使用の有無や、消費量も異なってくる。なお、蒸気は加熱（茹でる・煮る）、蒸し、殺菌、洗浄等で用いられ、燃料は煮窯、焼成機等で使用されている。

なお、水産加工品については、付加価値をつけて製造することが利益率を高めることになり、そのための機器の増強に伴い消費エネルギー量は増大することになる。一方、水産加工における国際化も進んでおり、海外からの原料輸入はもとより、一部の工程を海外製造する分業体制や、外国人労働者による我が国の加工現場での作業も、フィールド調査では各所で見受けられた。

## 2-4 水産関連産業の新たな動きとエネルギー

### 2-4-1 国際化と HACCP

食の国際化が進み、原材料はもちろん、製品そのものが国際的規模で流通し始めており、必然的に HACCP 認証が求められることになる。危害の発生を予防する上で効果的かつ効率的な手段として、原材料の受け入れからはじまって、食品の製造工程の中で危害予防につながる重要管理点をリアルタイムで監視していくという HACCP システムを、食品産業の自主管理手法として導入することが不可欠になっている。

HACCP 対応のため、大規模漁港の市場は開放型から閉鎖型となり、高度衛生管理型市場になりつつある。また、水産加工でも HACCP 認証工場が増加しており、大日本水産会の認定工場は、図 2-56 のように推移している<sup>14)</sup>。エネルギー使用量は、空調管理を厳密に行い、自動化や計測制御機器が増加すること等により従来に比べて増加傾向にあり、品質を保ちながら省エネルギーを図る必要性も出てきている。

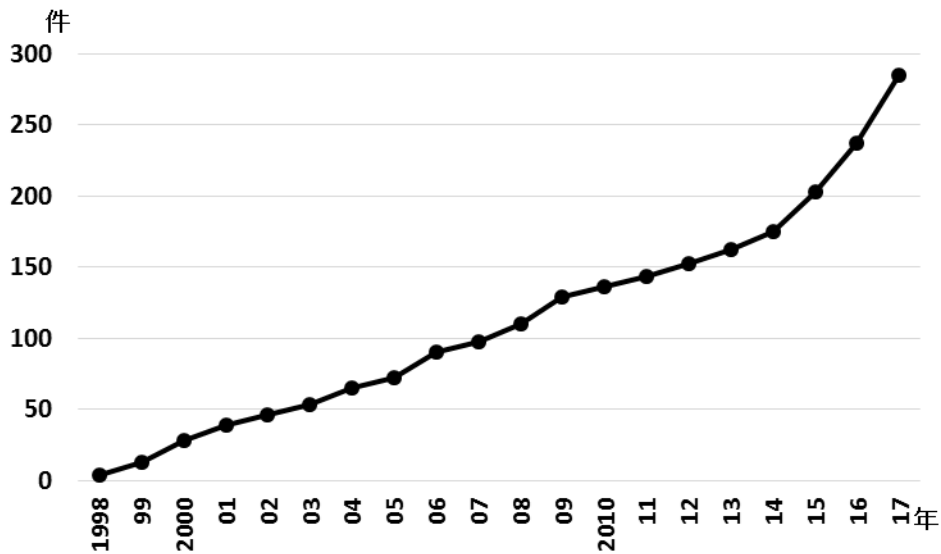


図 2-56 HACCP 認証件数の推移

これまでの魚市場は開放型が一般的であったが、鳥が侵入する等衛生管理上の問題もあった。そこで海外の食品衛生管理基準にも適合できるよう、閉鎖型にして高度衛生管理設備を導入する魚市場が八戸、石巻、塩釜、銚子で見られ、今後も他の特三漁港で計画されている。衛生管理の一部に環境管理があるが、本研究ではエネルギーに焦点をあてており、高度衛生管理に伴う、電力消費量の増大に着目する。石巻魚市場においては、密閉空間のための空調電力増大、電気フォークリフト、放射能測定等新たな設備追加による増大が見受けられる。また、「水産物の鮮度・衛生保持に対する消費者ニーズと共に漁業者においては水産物の付加価値化による魚価の向上が望まれていることから、高度な衛生管理対策を行う」、「しかし清浄海水導入施設や冷却滅菌装置等には多大な電力が必要とされ、漁業活動に起因する環境負荷の増加が懸念される」とのことから、自然エネルギーの活用を検討した研究報告もある<sup>15)</sup>。

#### 2-4-2 陸上養殖

「陸上養殖」は、陸上に人工的に創設した環境下で養殖を行うもので、「かけ流し式」と「閉鎖循環式」とがある。かけ流し式は、海水等を引き込み飼育水として使用し、飼育水は排水する。これに対して、閉鎖循環式は飼育水を交換時以外は排水せず、ろ過システムにより浄化しながら、循環利用するものである。

閉鎖循環式は飼育環境の人為的管理が可能であり、新たな魚種や高価格魚種への取り組みが可能である。一方、イニシャルコストやランニングコストが高く、停電や機器トラブルが発生した時の処理が難しいという課題がある。これに対して、低価格でパ

パッケージ化した設備や温泉水の利用により、商用化に成功し、さらには各地にフランチャイズ展開している事例がある<sup>16)</sup>。2014年7月の現地視察及びヒアリング調査の結果は、以下の通りである。

トラフグは20～24℃が一番餌を食べる温度帯であり、本事例ではそのようになるよう、水温調節をしている。テントを用いたパッケージ（図2-57）の中は、直径4mで



図2-57 陸上養殖のパッケージ（2014.7）

10m<sup>3</sup>の水槽が5基あり、その内の4基が養殖水槽、1基が水処理槽となっている。海洋中のフグは2年で成長するが、本事例のトラフグは1年で成長し、養殖水槽1基で500尾、1パッケージでは2,000尾の生産量となっている。

本研究では、水産都市の再生の視点から陸上養殖の導入を検討し、加えて、停電対策や廃熱の有効利用の視点から、コージェネレーションシステムの導入を前提に研究を行う。

### 2-4-3 6次産業化

6次産業化の取組は、水産加工、水産物直売、漁家レストラン、漁家民宿、体験・観光漁業、遊漁、ダイビング等、様々な活動として現れている。これらは生産サイドを中心とした取組みであるが、漁港を中心に関連産業が集積している水産都市においては、2次・3次産業との連携も大切である。例えば、気仙沼市では、刺身用の大型サンマとこだわりの醤油や味噌とを組合せて高級缶詰を製造し、ヒット商品になっている例がある。従って、産業基盤としての水産業の活性化を図り、2次・3次産業との連携を図ることは、水産都市の将来的な発展を考える上で、重要な要素である<sup>17)</sup>。

本研究では、1次産業としての従来からの水産業と新たな陸上養殖、2次産業としての見せる工場、これらをベースとした3次産業としてのレストランやショッピングセンターを組合せ、まずは観光客や課外学習・修学旅行等他の地域から水産都市に誘引し、将来的な発展につながるようなモデルを設定し、トータル的なエネルギーシステムの研究を行う。

### 2-5 まとめ

本章では第3章以降の研究のベースとなる、水産都市の概要及び水産関連産業とエネルギーについて、調査研究を行ったことをまとめた。魚市場、製氷庫、冷凍冷蔵庫、水産加工工場の概要とエネルギーに関しては、第3章での具体的研究のベースとして調査を行った。また、水産関連産業の新たな動きに関しては、第6章のモデルの設定及び第7章の今



後の展望に関して、動向調査を行ったものである。なお、各水産都市のフィールド調査における研究は、第3章での水産関連施設の集積状況把握や今後のまちづくりの参考として、行ったものである。

## 第2章の参考文献

- 1) 特三漁港ホームページ : <http://gyokou.or.jp/tokusan/page/00.html>
- 2) 気象庁ホームページ : <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- 3) 東京都水道局ホームページ :  
[https://www.waterworks.metro.tokyo.jp/suigen/topic/03\\_kako.html](https://www.waterworks.metro.tokyo.jp/suigen/topic/03_kako.html)
- 4) 水産庁ホームページ、漁港のエコ化方針（中間とりまとめ） :  
<http://www.jfa.maff.go.jp/j/press/keikaku/pdf/120427-01.pdf>
- 5) 水揚げ変動に備えたエネルギーコスト低減への中小製氷企業の取組み、みちのく製氷㈱ :  
[https://sii.or.jp/file/cutback29/tokyo\\_02\\_michinokuseihyo.pdf](https://sii.or.jp/file/cutback29/tokyo_02_michinokuseihyo.pdf)
- 6) 平成 22 年度版 統計資料 女川の水産、宮城県女川町、2010.9 :  
[http://www.town.onagawa.miyagi.jp/pdf/05\\_17\\_02\\_10.pdf](http://www.town.onagawa.miyagi.jp/pdf/05_17_02_10.pdf)
- 7) はちのへの水産 2017、八戸市農林水産部水産事務所
- 8) (一社) 日本冷蔵倉庫協会ホームページ 都道府県別所管容積・製氷・凍結一覧、2018.6 :  
<http://www.jarw.or.jp/wp/wp-content/uploads/2018/10/todouhukensykanouseki20180630.pdf>
- 9) 改訂新版 冷蔵倉庫、(公社) 日本冷凍空調学会、2012.3
- 10) 日本冷蔵倉庫協会(含 日本冷凍事業協会)会員名簿、(一社) 日本冷蔵倉庫協会、2014.3
- 11) 福田裕・山澤正勝・岡崎恵美子監修、全国水産加工品総覧、光琳、2005.7
- 12) 横田英靖・佐土原聡・吉田聡、水産都市における環境・防災を考慮したエネルギーシステムに関する研究 第2報 水産加工業におけるエネルギー調査・分析と事例研究、2015 年度日本建築学会大会梗概集、pp. 681-682、2015.9
- 13) 森光國、HACCP システムによる水産製品の安全保障、水産振興第 31 巻第 11 号、(財) 東京水産振興協会、1997. 11
- 14) (一社) 大日本水産会ホームページ HACCP 情報 : <http://qc.suisankai.or.jp/>
- 15) 山口圭太、廣部俊夫、漁港における自然エネルギーの活用について、国土交通省北海道開発局第 53 回（平成 21 年度）北海道開発技術研究発表会 No. 環 15、2010.2
- 16) 野口勝明、温泉水を用いた閉鎖循環型トラフグ養殖システムの開発、日本水産学会誌 83 巻 5 号、2017.9
- 17) 平成 21 年度水産白書、水産庁、2010.5

## 第3章

### 水産都市のエネルギーに関する調査・分析



### 第3章 水産都市のエネルギーに関する調査・分析

#### 3-1 はじめに

これまで水産都市に関する詳細なエネルギーデータはなく、魚市場についてはフィールド調査及びヒアリング調査により、冷蔵庫や製氷庫についてはヒアリング調査及び文献調査により、水産加工施設についてはヒアリング調査及び統計調査並びに文献調査により、エネルギーデータを入手あるいは推定した。

次に、各エネルギーデータを合計し水産都市ごとの特性を把握するとともに、魚市場からの運搬時間と水産関連施設のエネルギー集積状況について調査し、考察を行った。

#### 3-2 魚市場の電力消費量実態調査結果

##### 3-2-1 年間・月別エネルギー消費量実態調査結果

本研究では前述の表 2-2 のように、2012 年～2015 年にかけて、ヒアリングを含むフィールド調査を実施し、魚市場及びその周辺建物の月別の電力消費量を把握した。

特三 13 漁港の魚市場及び周辺建物の月別電力消費量は図 3-1～図 3-13 のようになる。なお、石巻魚市場及び塩釜水産物仲卸市場については、太陽光発電電力も加算した。

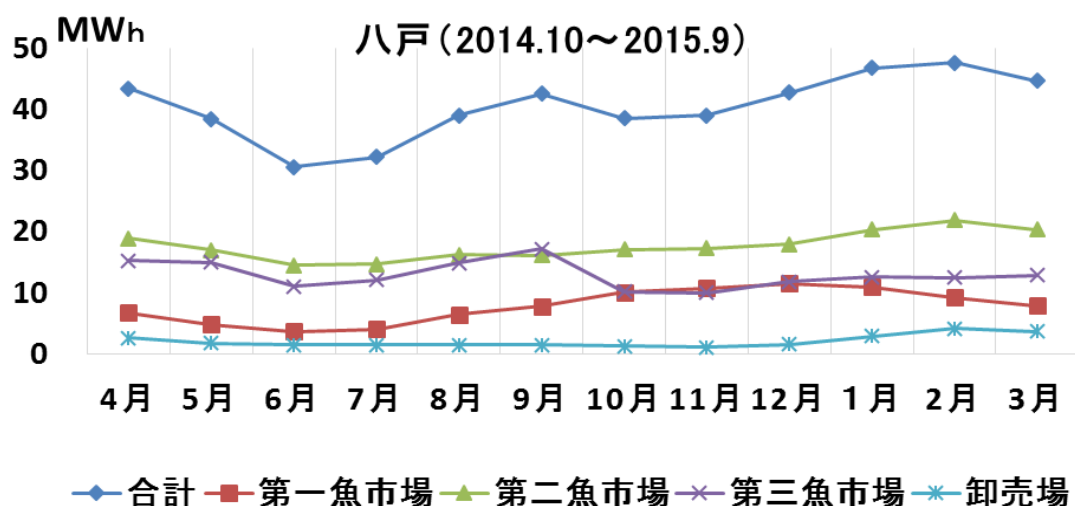


図 3-1 八戸魚市場の月別電力消費量



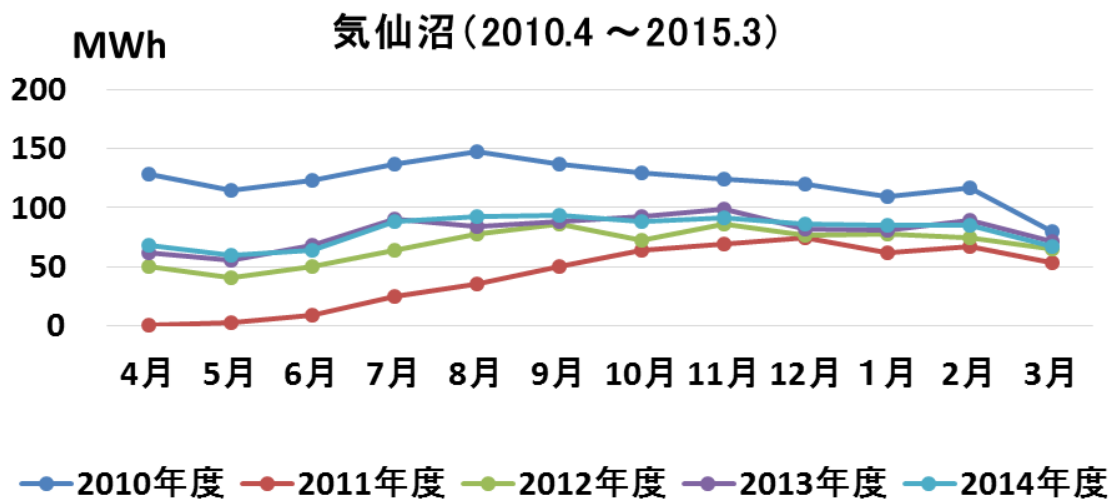


図 3-2 気仙沼魚市場の月別電力消費量（年度別変遷）

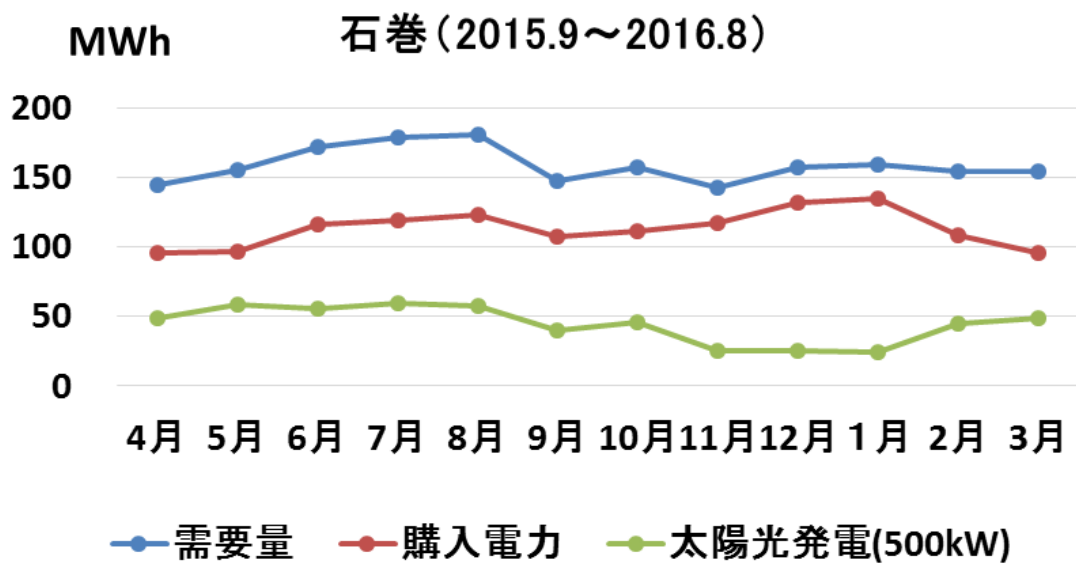


図 3-3 石巻魚市場の月別電力消費量（太陽光発電を含む）

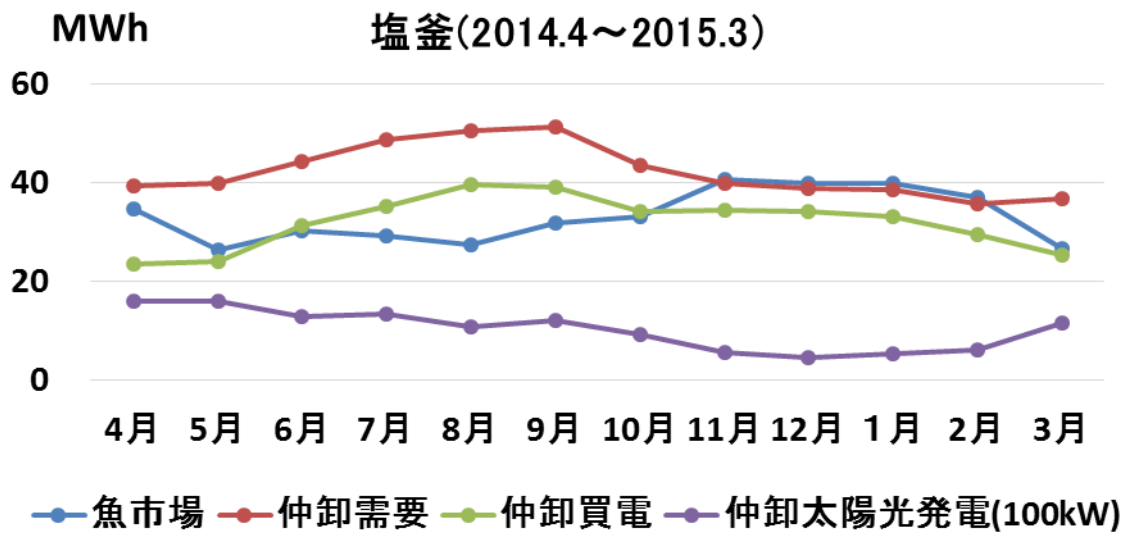


図 3-4 塩釜魚市場及び仲卸市場の月別電力消費量（太陽光発電を含む）

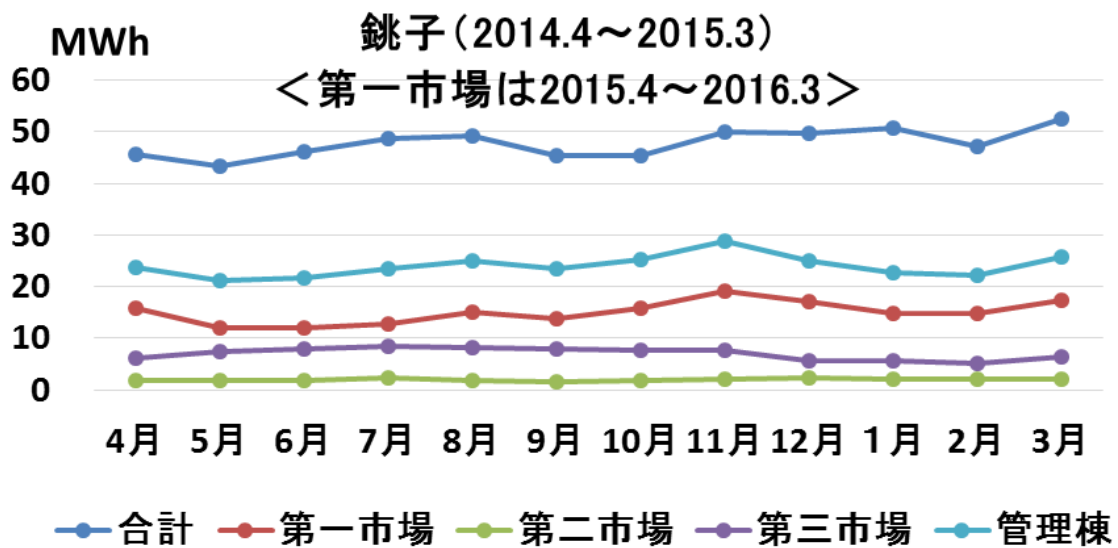


図 3-5 銚子魚市場の電力消費量

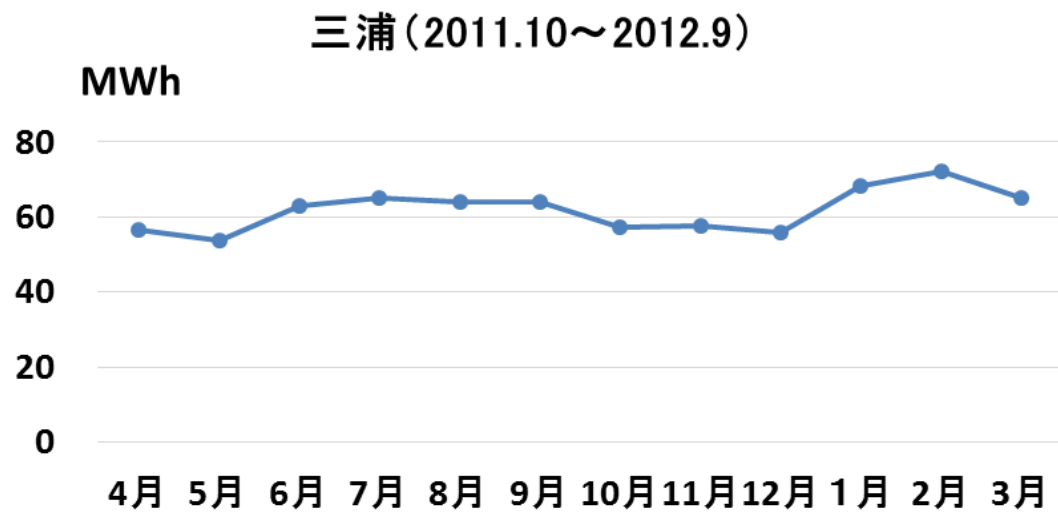


図 3-6 三崎魚市場の電力消費量

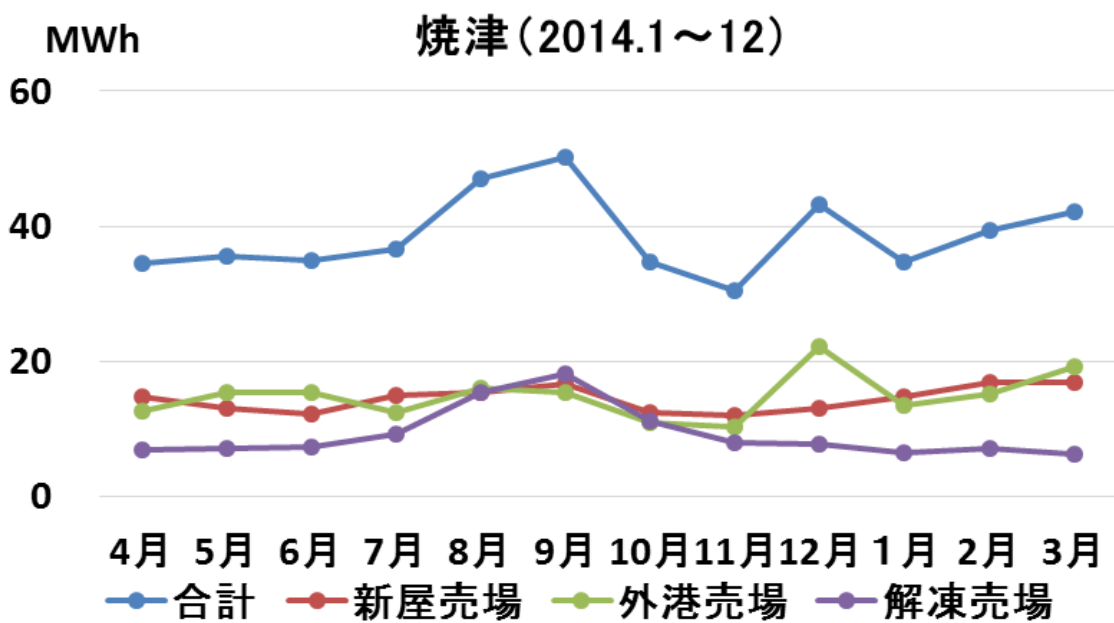


図 3-7 焼津魚市場の電力消費量

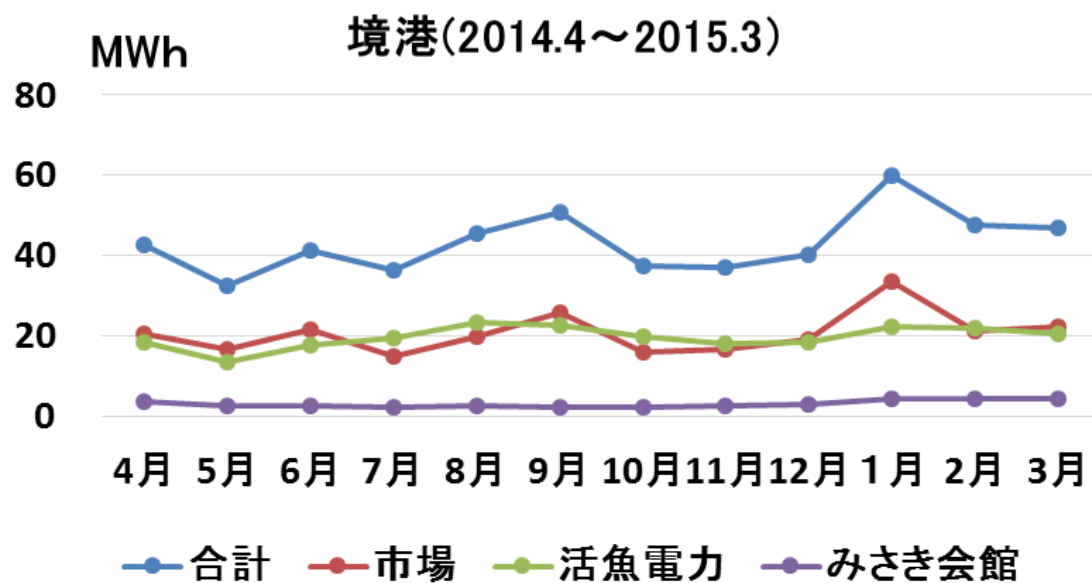


図 3-8 境港魚市場の電力消費量

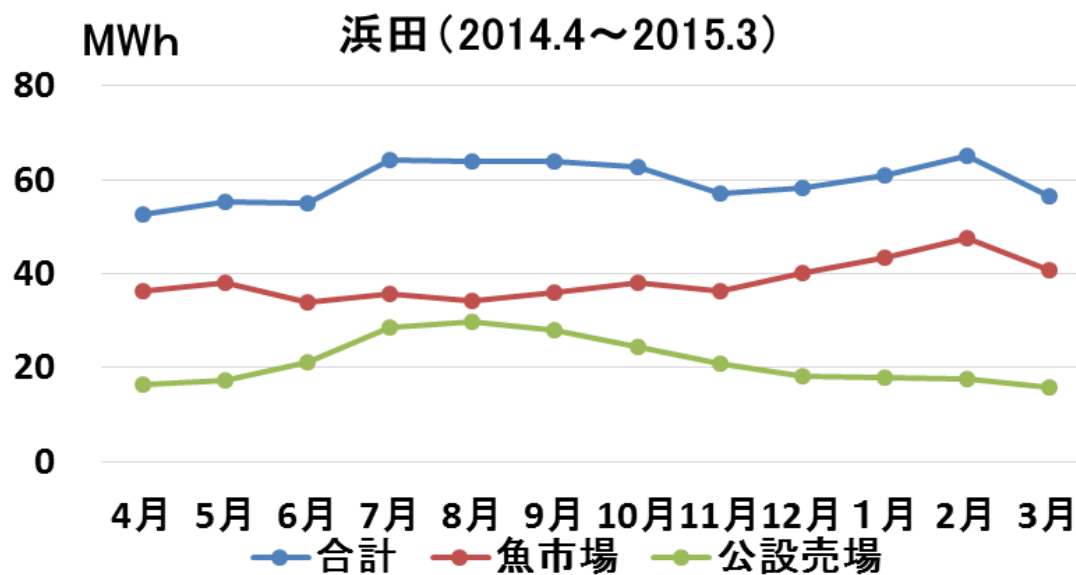


図 3-9 浜田魚市場及び公設売場の電力消費量

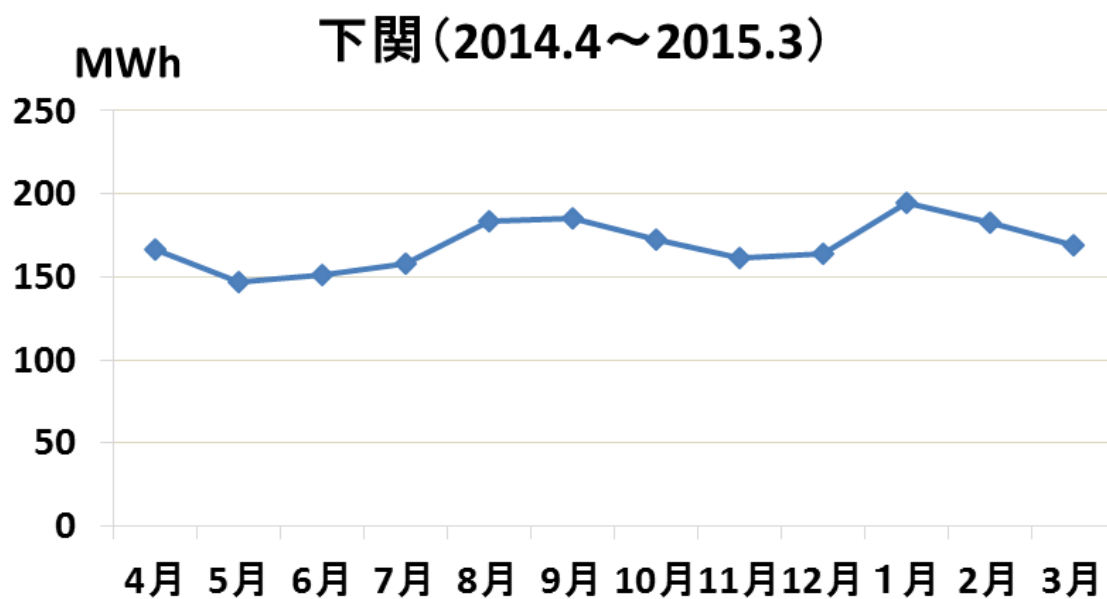


図 3-10 下関魚市場の電力消費量

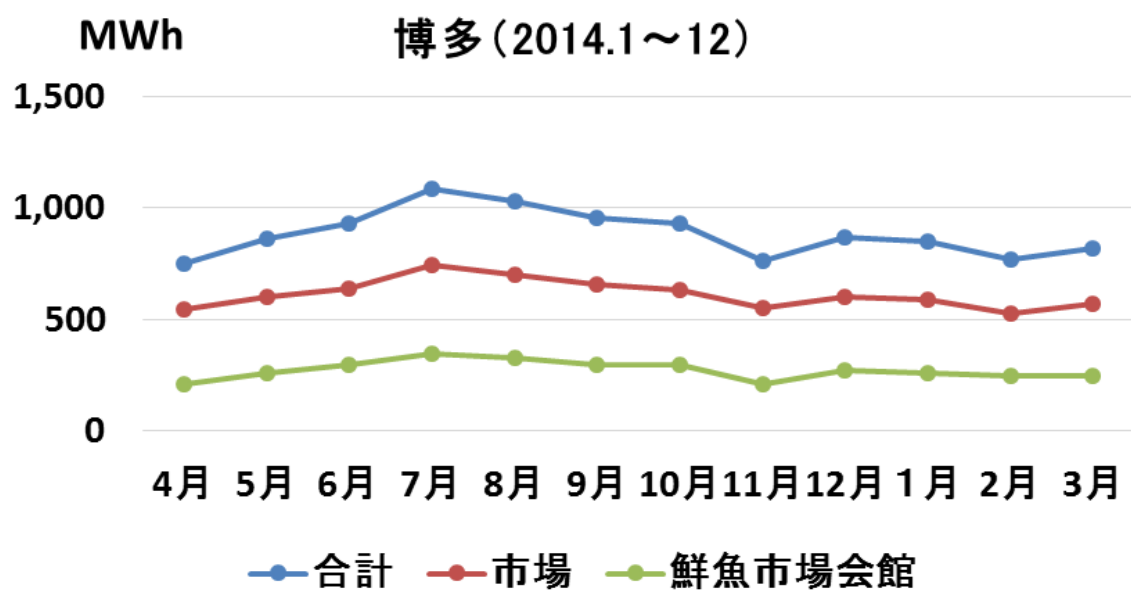


図 3-11 長浜鮮魚市場及び市場会館の電力使用量

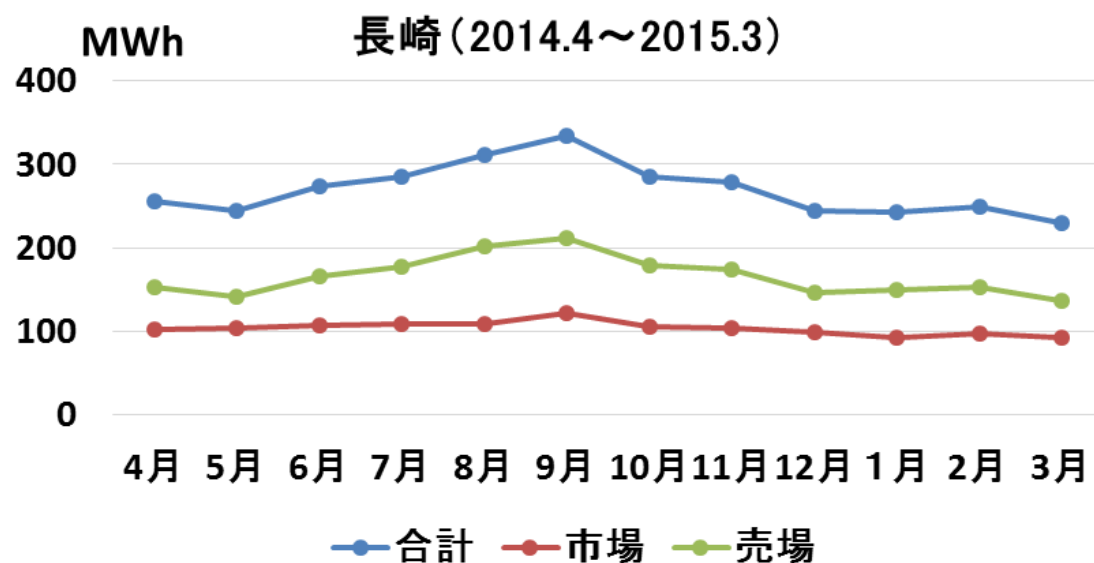


図 3-12 長崎魚市場及び売場棟の電力消費量

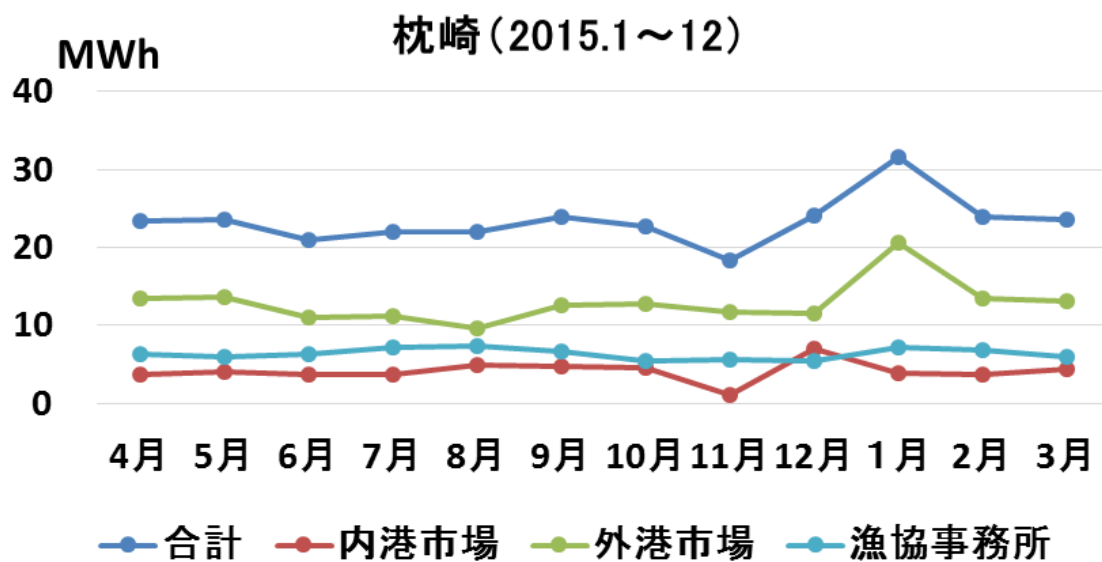


図 3-13 枕崎魚市場及び漁協事務所の電力消費量



また、周辺建物を除く各市場部分の年間電力使用量と水揚高との関係を求めると表 3-1 のようになり、魚市場の電力消費量と水揚高との相関はあまりなく、各漁港の電力使用状況により大きな違いがあることがわかった。なお、本研究では調査時点での水揚高数値を用いて計算を行っており、表 2-2 の水揚高とは異なることを付記する。

表 3-1 より、魚市場の建築面積も水揚高との相関が小さいことがわかる。水揚時刻やセリの時刻をずらして複数回行うことや、建設当時との水揚高や主要魚種の違いがあるものと考えられる。また、水揚高当りの年間電力使用量については、博多、下関、三崎は漁港関係者の事務所部分も含めた電力使用量になっているため多い、浜田や塩釜は水揚高が少なく、他の漁港に比べてベース部分の電力使用量の割合が大きい、石巻は高度衛生管理の最新鋭の魚市場で電力使用量が多い、と考えられる。

表 3-1 各漁港の水揚高と魚市場面積及び電力消費量

| 漁港名 | 調査時<br>水揚高 t | 魚市場部分<br>建築面積m <sup>2</sup> | 水揚高当りの<br>建築面積 m <sup>2</sup> /t | 魚市場部分<br>年間電力使用量<br>kWh | 水揚高当りの<br>年間電力使用量<br>kWh/t |
|-----|--------------|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------|----------------------------|
| 八戸  | 104,961      | 42,723                      | 0.407                            | 460,562                 | 4.39                       |
| 気仙沼 | 79,013       | 42,329                      | 0.536                            | 971,423                 | 12.29                      |
| 石巻  | 98,006       | 39,898                      | 0.407                            | 1,907,521               | 19.46                      |
| 塩釜  | 17,860       | 15,768                      | 0.883                            | 397,395                 | 22.25                      |
| 銚子  | 258,183      | 14,474                      | 0.056                            | 287,919                 | 1.12                       |
| 三崎  | 19,137       | 8,086                       | 0.423                            | 742,611                 | 38.80                      |
| 焼津  | 155,536      | 20,145                      | 0.130                            | 463,991                 | 2.98                       |
| 境   | 109,234      | 19,184                      | 0.176                            | 530,443                 | 4.86                       |
| 浜田  | 18,397       | 9,260                       | 0.503                            | 460,355                 | 25.02                      |
| 下関  | 28,393       | 13,944                      | 0.491                            | 2,034,784               | 71.66                      |
| 博多  | 74,668       | 26,572                      | 0.356                            | 7,346,182               | 98.38                      |
| 長崎  | 110,147      | 32,037                      | 0.291                            | 1,243,542               | 11.29                      |
| 枕崎  | 100,812      | 15,305                      | 0.152                            | 203,974                 | 2.02                       |

### 3-2-2 時刻別エネルギー消費量実態調査結果

時刻別データについては、季節別（2 月、4 月、8 月）・時刻別のデータを入手できた三崎魚市場の事例を代表として、各水産都市の月別平均気温から季節別負荷パターンを推定する。なお、三崎魚市場の開場日の負荷パターンは早朝から立ち上がり午前中にピークが現れるので、魚市場の標準的なものと考えられる。

図 3-14 に開場日の負荷パターン、図 3-15 に休場日の負荷パターンを示す。

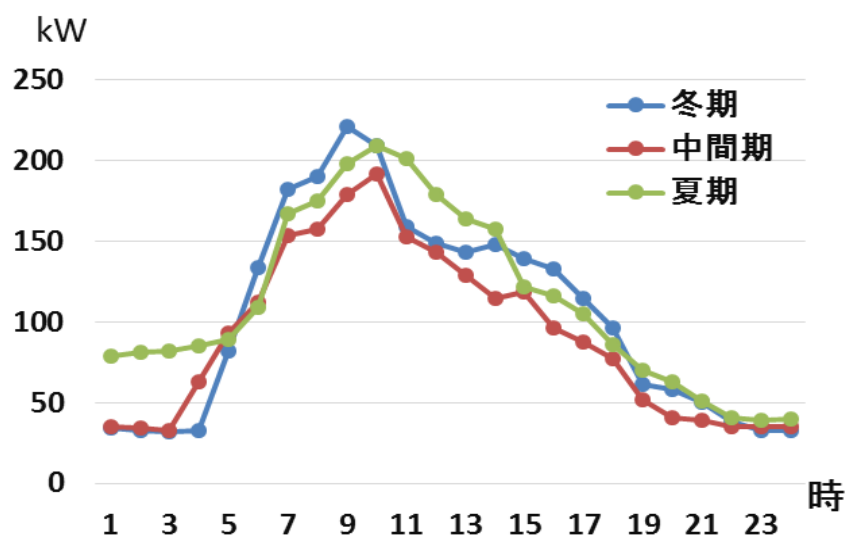


図 3-14 三崎魚市場開場日の時刻別電力負荷パターン

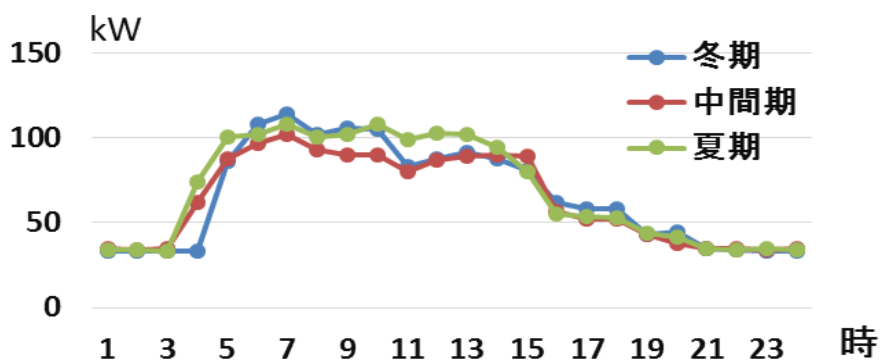


図 3-15 三崎魚市場休場日の時刻別電力負荷パターン

開場日と休場日の差をとると、図 3-16 のようになる。

午前 5 時に休場日の方が電力の使用量が多い場合があるのは、日曜日の朝市を開催する時に、準備のため食堂の電力を使用することによると考えられる。また、魚市場内の換気については、電力ピークを避けて開場日の夕方に行うので、15 時～17 時の間で、電力消費量が増加している。

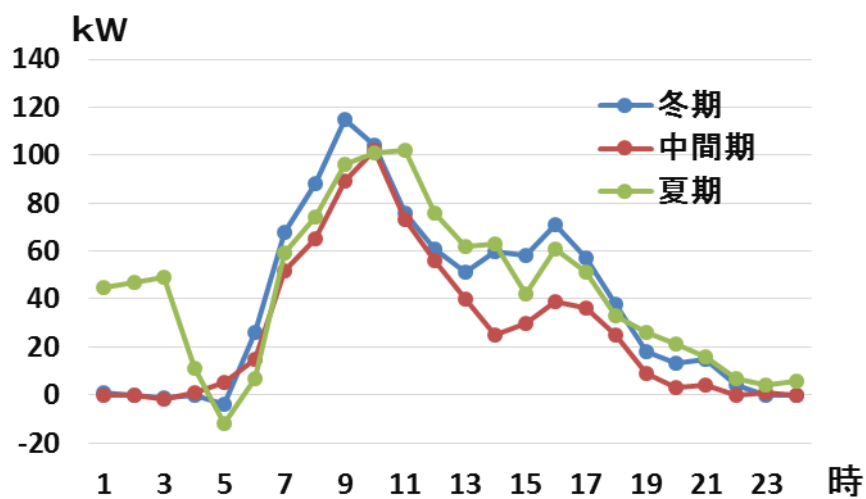


図 3-16 三崎魚市場の開場日上乗せ電力負荷パターン

### 3-3 製氷庫の電力消費量実態調査及び推定結果

#### 3-3-1 年間・月別エネルギー消費量実態調査結果

製氷庫の電力消費量と水揚高は相関があり、水揚高当りの電力消費量を原単位とした。

次に、詳細データを入手した銚子の製氷庫のデータから、気温との相関を求める。

製氷庫については、水揚高及び気温と製氷生産量、製氷生産量と製氷電力消費量との相関があると考えられる。そこで、実績データをグラフにプロットすると、図 3-17 及び図 3-18 のようになる。これらの回帰分析から次式が成り立つ。

$$P_1 \times Y = 102.71 \times X + 46,500 \quad (3-1)$$

$$X = (0.0046 \times t + 0.0272) \times Y \quad (3-2)$$

$P_1$ : 水揚高当り製氷庫電力消費量 (kWh/ton)

$X$ : 製氷生産量 (T/月)

$Y$ : 水揚高 (ton/月)

$t$ : 月平均気温 (°C)

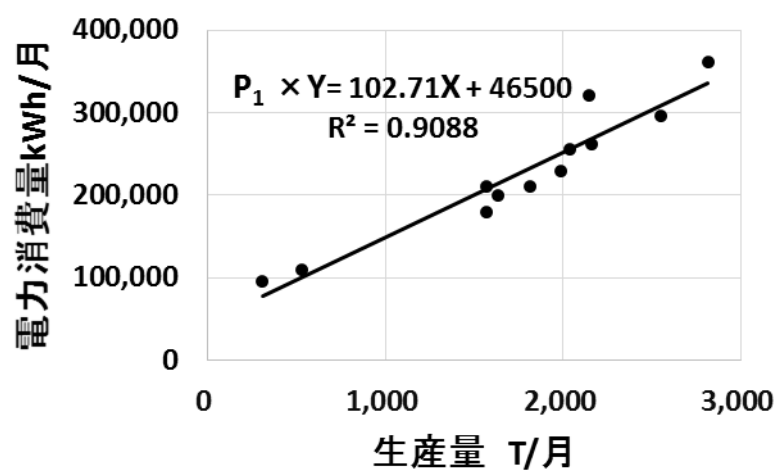


図 3-17 製氷月間生産量と電力消費量

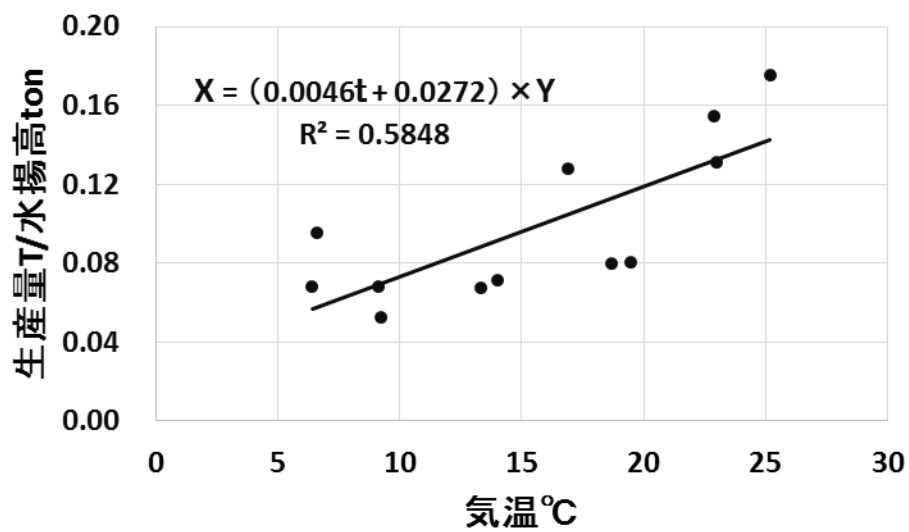


図 3-18 気温と月間水揚高当りの製氷生産量

式 (3-2) を式 (3-1) に代入して、次式を得る。

$$P_1 \times Y = 102.71 \times (0.0046 \times t + 0.0272) \times Y + 46,500 \quad (3-3)$$

次に、式(3-3)を水揚高当りの式に変形する。

$$P_1 = 102.71 \times (0.0046 \times t + 0.0272) + 46,500/Y \quad (3-4)$$

なお、三浦の製氷庫の電力量について入手した実績値と上式による計算値との差異は、2.7%である。

毎月の気温と水揚高を式(3-4)に代入して、水産都市別に合計する。銚子の合計値を基準として修正係数を求め、最初に求めた年間電力消費量を気温修正する。月別には、式(3-4)の月別係数により按分する。

水産都市別の消費電力量及び年間水揚高当りの原単位は、表3-2のようになる。なお、銚子及び三浦の月別電力消費量及び下関の年間電力消費量（水産庁の漁港のエコ化データによる）並びにこれらの水揚高当り電力消費量は、実績値である。

表 3-2 消費電力量及び年間水揚高当りの原単位

| 月              | 八戸        | 気仙沼       | 石巻        | 塩釜      | 銚子        | 三崎      | 焼津        | 境港        | 浜田      | 下関      | 福岡      | 長崎        | 枕崎        |
|----------------|-----------|-----------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|-----------|---------|---------|---------|-----------|-----------|
| 4              | 67,070    | 58,008    | 79,240    | 44,135  | 296,164   | 51,228  | 115,782   | 108,883   | 50,973  | 28,961  | 76,417  | 100,990   | 95,775    |
| 5              | 66,004    | 53,339    | 106,274   | 47,372  | 255,172   | 71,772  | 172,896   | 94,462    | 47,825  | 32,378  | 83,993  | 121,678   | 117,497   |
| 6              | 93,666    | 101,075   | 124,828   | 57,520  | 360,772   | 76,794  | 170,630   | 99,134    | 58,648  | 28,358  | 97,621  | 126,285   | 126,931   |
| 7              | 218,027   | 183,138   | 134,535   | 55,281  | 321,196   | 93,882  | 206,434   | 114,068   | 46,501  | 28,553  | 101,714 | 117,224   | 107,344   |
| 8              | 216,588   | 113,840   | 67,472    | 59,044  | 109,060   | 134,676 | 144,853   | 98,936    | 46,196  | 30,028  | 91,889  | 115,557   | 95,159    |
| 9              | 293,784   | 169,765   | 84,142    | 58,628  | 95,788    | 74,670  | 179,552   | 141,651   | 54,403  | 32,668  | 93,707  | 125,313   | 107,360   |
| 10             | 346,696   | 163,185   | 100,409   | 57,174  | 210,136   | 44,604  | 129,396   | 127,589   | 50,138  | 29,849  | 88,483  | 117,765   | 123,917   |
| 11             | 222,275   | 121,179   | 108,564   | 55,909  | 261,779   | 47,478  | 99,824    | 112,016   | 51,249  | 26,922  | 76,008  | 117,261   | 105,062   |
| 12             | 92,660    | 56,896    | 103,448   | 43,496  | 209,776   | 53,964  | 108,167   | 81,242    | 49,615  | 24,928  | 76,735  | 89,008    | 109,436   |
| 1              | 63,506    | 49,820    | 59,658    | 40,728  | 229,840   | 30,072  | 77,581    | 66,624    | 46,694  | 23,024  | 65,134  | 70,017    | 80,561    |
| 2              | 62,899    | 47,591    | 68,135    | 40,668  | 179,073   | 22,044  | 95,748    | 67,821    | 46,513  | 23,121  | 62,866  | 72,811    | 82,017    |
| 3              | 72,302    | 52,467    | 56,387    | 42,389  | 198,998   | 29,226  | 95,482    | 90,251    | 49,768  | 24,929  | 69,971  | 97,388    | 88,101    |
| 合計             | 1,815,476 | 1,170,302 | 1,093,093 | 602,342 | 2,727,754 | 730,410 | 1,596,343 | 1,202,678 | 598,524 | 333,718 | 984,534 | 1,271,296 | 1,239,160 |
| 原単位<br>kWh/ton | 17.30     | 14.81     | 11.15     | 33.73   | 10.41     | 38.17   | 10.26     | 11.01     | 32.53   | 11.75   | 13.19   | 11.54     | 12.29     |

ここで、水揚高と原単位の間係を図示すると、図3-19のようになる。

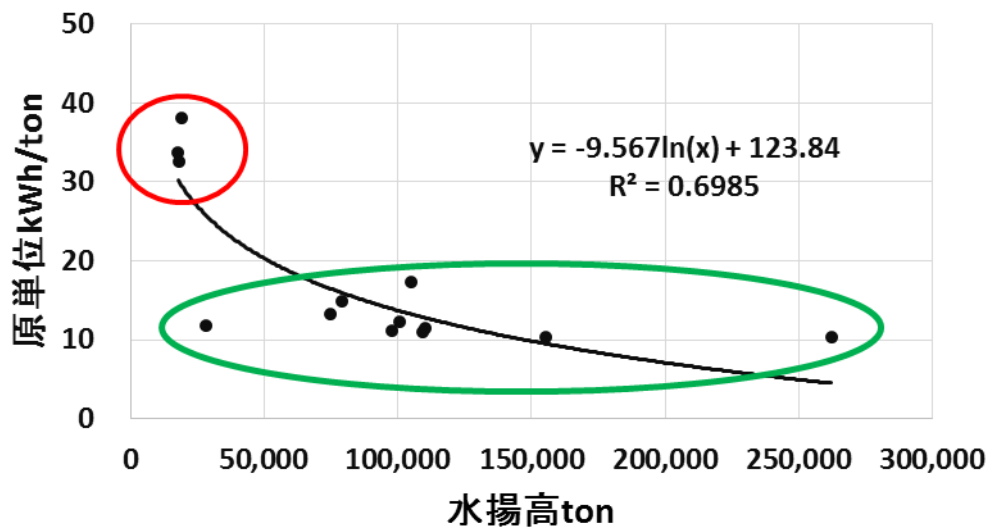


図 3-19 水揚高と原単位

水揚高が少なくなると、製氷量や貯氷量が少なくなるが、搬送電力等は製氷量や貯氷量には比例せず、ある程度電力が必要であること、冷凍機の効率低下等から、原単位が高くなるものと考えられる。また、製氷の用途も水産都市ごとでまちまちであり、バラツキが生じていると考えられる。

なお、（一社）日本冷蔵倉庫協会の会員名簿等<sup>1),2)</sup>を用い、各水産都市別に全製氷庫の1日当りの製氷トンで示される能力を整理した上で、個別製氷庫の電力消費量は製氷能力(t/日)に比例すると仮定し、先に計算した水産都市全体の年間電力消費量より算出した。また、同じ水産都市内であっても、遠距離の漁港から水揚げされる地域の製氷庫については、この対象から除外した。ただし、水産都市内全体の製氷庫としてはカウントしている。

### 3-3-2 時刻別エネルギー消費量実態調査結果

時刻別データを入手した石巻魚市場製氷庫の時刻別負荷パターンを図 3-20 に示す。

季節ごとの特徴が表れており、石巻魚市場製氷庫の時刻別負荷パターンを仮定して、既存のデータ分析には季節別・時刻別消費割合を用いた。また、第6章で述べるモデルについては、できるだけ条件を統一する意味から年間平均の時刻別負荷割合を用いた。

各水産都市の月別平均気温と、石巻の平均気温を比較して、気温が類似の季節を選び、そのパターンから時刻別電力消費量を求めた。



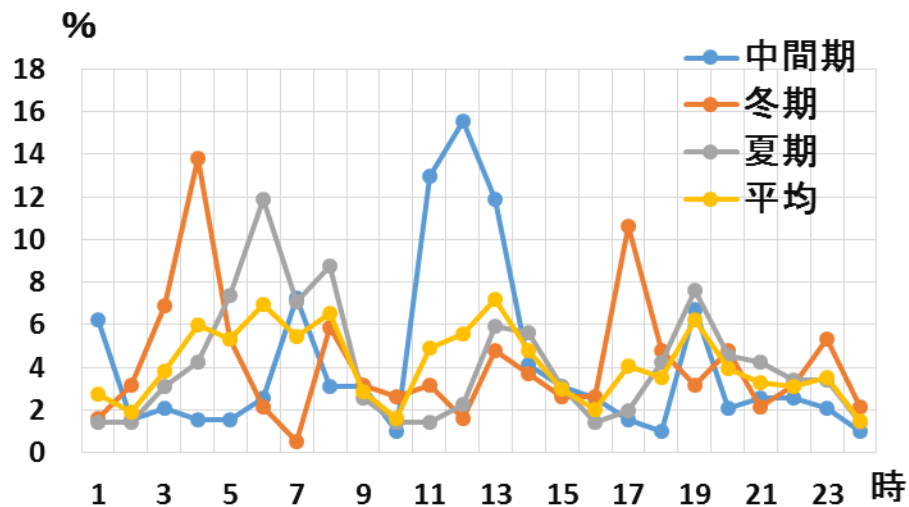


図 3-20 石巻魚市場の時刻別負荷パターン

### 3-4 冷凍冷蔵倉庫の電力消費量実態調査及び推定結果

#### 3-4-1 年間・月別エネルギー消費量実態調査結果

級別の所管容積当りの原単位を求めるため、三浦市内冷蔵庫の実績及び水産庁・漁港のエコ化データ（焼津・浜田・枕崎）を用い、保管温度と電力消費量原単位（所管容積当り電力消費量）を図示すると図 3-21 のようになる。これより、次式を得る。

$$P_2 = 2.241 \times (-T_k) + 74.01 \quad (3-5)$$

$P_2$  : 冷凍冷蔵庫の所管容積当り電力消費量 (kWh/m<sup>3</sup>)       $T_k$  : 保管温度 (°C)

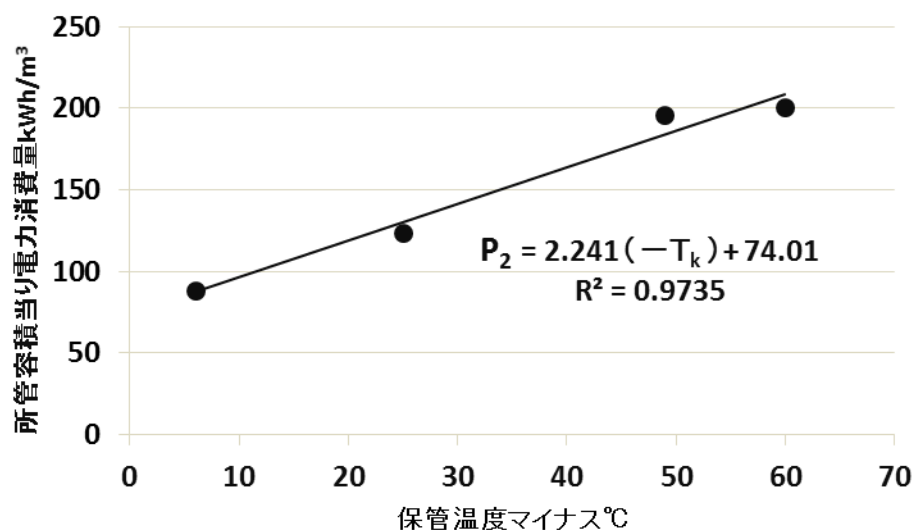


図 3-21 保管温度と電力消費量原単位

以上より、級別の電力消費量原単位は、表 3-3 のようになる。

表 3-3 級別の電力消費量原単位

| 級別 | 保管温度         | 原単位<br>kWh/m³ | 備考 |
|----|--------------|---------------|----|
| C3 | +10℃以下－2℃未満  | 60.6          | 計算 |
| C2 | －2℃以下－10℃未満  | 88.8          | 実績 |
| C1 | －10℃以下－20℃未満 | 107.6         | 計算 |
| F1 | －20℃以下－30℃未満 | 124.1         | 実績 |
| F2 | －30℃以下－40℃未満 | 152.4         | 計算 |
| F3 | －40℃以下－50℃未満 | 195.7         | 実績 |
| F4 | －50℃未満       | 200.9         | 実績 |

次に、詳細データを入手した三浦市内の冷凍冷蔵庫の実績より、気温との相関を求める。毎月の電力消費量と日数から 1 日当りの電力消費量を算出し、年間電力消費量に対する割合を求め、毎月の平均気温との関係をプロットすると、図 3-22 のようになる。

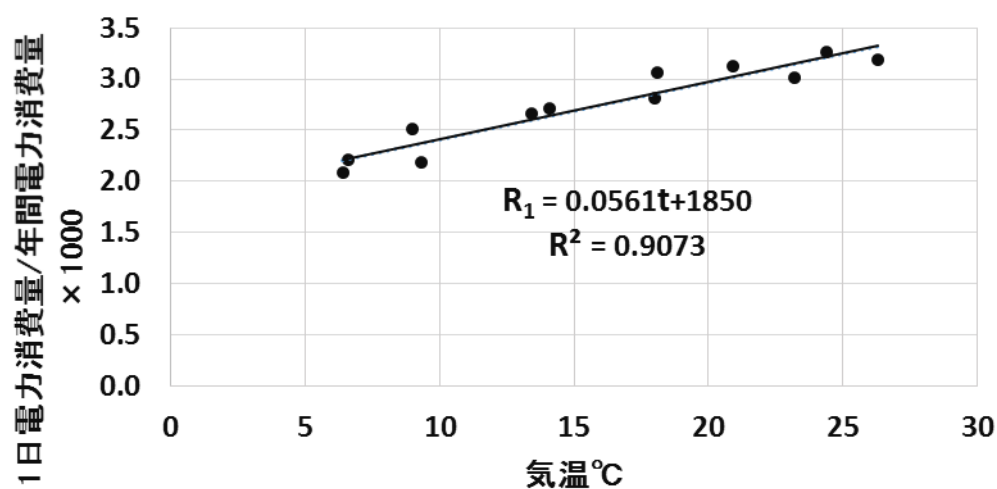


図 3-22 年間電力消費量に対する 1 日電力消費量の割合

この回帰分析により、次式を得る。

$$R_1 = (0.0561 \times t + 1.850) / 1000 \quad (3-6)$$

$R_1$  : 年間電力量消費量に対する 1 日電力消費量の割合       $t$  : 気温 (°C)

各水産都市について月別に式(3-6)を用いて計算し、各月の日数を乗じて、年間合計値を修正係数とする。表 3-3 の実績値の基準となる水産都市との修正係数の比率から、表 3-3 の級別原単位を修正する。なお、計算で求めた、C3 級、C1 級、F2 級については、銚子を基準として原単位を修正する。修正した原単位を表 3-4 に示す。

表 3-4 級別・水産都市別の冷凍冷蔵庫の電力消費量原単位 (kWh/m³)

| 級  | 八戸    | 気仙沼   | 石巻    | 塩釜    | 銚子    | 三崎    | 焼津    | 境港    | 浜田    | 下関    | 福岡    | 長崎    | 枕崎    |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| C3 | 54.1  | 54.9  | 55.8  | 55.6  | 60.6  | 61.1  | 62.0  | 60.3  | 60.7  | 62.3  | 62.6  | 62.9  | 63.9  |
| C2 | 75.1  | 76.3  | 77.5  | 77.2  | 84.2  | 84.9  | 86.2  | 83.7  | 84.3  | 86.5  | 86.9  | 87.3  | 88.8  |
| C1 | 96.0  | 97.6  | 99.1  | 98.7  | 107.6 | 108.5 | 110.2 | 107.0 | 107.8 | 110.6 | 111.1 | 111.6 | 113.5 |
| F1 | 110.5 | 112.3 | 114.1 | 113.6 | 123.9 | 124.9 | 126.8 | 123.2 | 124.1 | 127.3 | 127.9 | 128.5 | 130.7 |
| F2 | 136.0 | 138.2 | 140.4 | 139.8 | 152.4 | 153.7 | 156.0 | 151.6 | 152.7 | 156.6 | 157.3 | 158.1 | 160.8 |
| F3 | 170.6 | 173.3 | 176.0 | 175.3 | 191.1 | 192.8 | 195.7 | 190.1 | 191.5 | 196.4 | 197.3 | 198.2 | 201.6 |
| F4 | 177.8 | 180.6 | 183.5 | 182.7 | 199.2 | 200.9 | 204.0 | 198.1 | 199.6 | 204.7 | 205.7 | 206.6 | 210.2 |

冷凍冷蔵倉庫についても同様に日本冷蔵倉庫協会の会員名簿等を用い、各水産都市別の全冷凍冷蔵庫の能力を整理した上で、表 3-4 の原単位を用いて、水産都市内の対象冷凍冷蔵倉庫の年間電力消費量を算出した。その上で、式(3-6)と月別日数から月別電力消費量を求めた。なお、焼津の冷凍冷蔵庫の実績値と本推定による方法を比較した結果、年間では約 1.5% の差異があることを確認した。

また、本研究では 2014 年 1 月現在の日本冷蔵倉庫協会及び日本冷凍事業協会の会員名簿と、2011 年 7 月時点の非会員事業所も含めた名簿を用いた。非会員事業所については所管容積 1,000m<sup>3</sup> 以上かつ竣工が 1970 年以降のものをピックアップした。また、気仙沼市内及び石巻市内については、非会員については現存するものののみ、一方、会員名簿には記載がないもののフィールド調査等により新規建設が明確なものについては追加した。

### 3-4-2 時刻別エネルギー消費量実態調査結果

三浦市内の冷凍冷蔵庫の運転パターンヒアリングにより、月別の時刻別電力消費量を想定した。各水産都市の月別平均気温と近い月の運転パターンより、時刻別電力消費量を算出した。

三浦市内の冷凍冷蔵庫の季節別運転パターンは、図 3-23 のようになる。

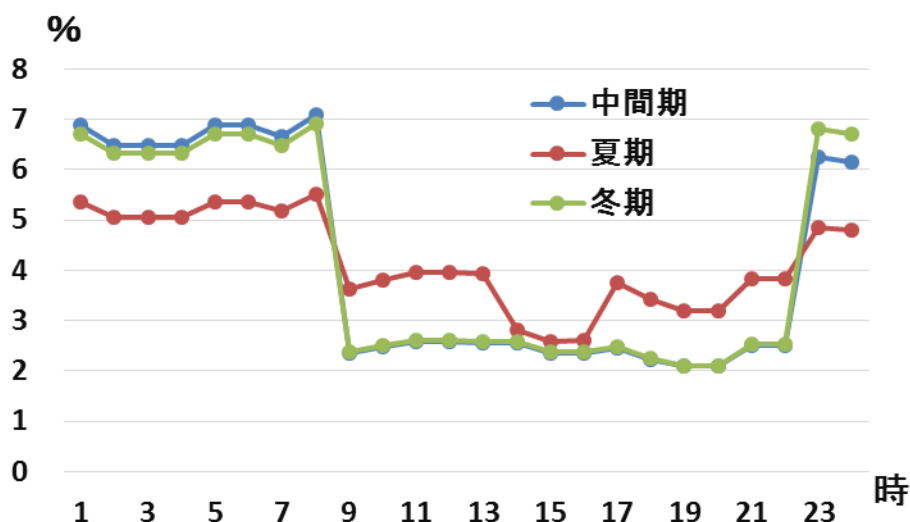


図 3-23 冷凍冷蔵庫の時刻別運転パターン

夜間にシフトして昼間の電力使用量を抑制している。既往研究<sup>3)</sup>では、いくつかの運転パターンが示されているが、約 20 年前に比べて運転制御性能が向上しており、また、節電も定着していることから、本研究では電力の夜間シフトを前提に計算を行った。

### 3-5 水産加工工場のエネルギー消費量実態調査及び統計調査並びに推定結果

#### 3-5-1 統計調査及び文献調査による推定

水産加工については、業種別の電力及び蒸気の統計数値が掲載されている「石油等消費構造統計調査結果」（経済産業省）<sup>4)</sup>より、産業細分類に従って電力及び蒸気消費量を求めた。なお、同調査は2001年版が最終であり、他に適切な統計データがないことから、2001年版の結果を現状と同様と仮定して用いた。従業者数については、2001年版の「工業統計調査」（経済産業省）<sup>5)</sup>を用い、従業者1人当りの年間の電力及び蒸気消費量を算出した。また、地域特有の水産加工品については一般の分類とは別に分け、電力の原単位については産業細分類に準じ、蒸気の原単位については、水産加工工場への個別ヒアリングにより推定した。なお、気仙沼及び石巻については将来的な市の目標も考慮し、東日本大震災以前のデータのまま研究を進めた。

統計数値をまとめると、表3-5のようになり、従業者1人あたりの原単位にすると、表3-6のようになる。

表 3-5 産業細分類別エネルギー消費量

| 水産食料品製造業<br>産業細分類 | 従業員数<br>30人以上 | 電力消費量<br>1000kWh | 公称能力<br>t/h | 蒸気消費量<br>t | 換算時間<br>h | 燃料消費量<br>原油kL |
|-------------------|---------------|------------------|-------------|------------|-----------|---------------|
| 水産缶詰・瓶詰製造業        | 5,274         | 63,880           | 283         | 284,898    | 1,007     | 959           |
| 海藻加工業             | 9,703         | 104,273          | 97          | 80,744     | 832       | 3,275         |
| 水産練製品製造業          | 21,358        | 375,302          | 339         | 432,654    | 1,276     | 29,601        |
| 冷凍水産物製造業          | 8,596         | 196,922          | 21          | 12,082     | 575       | 1,263         |
| 冷凍水産食品製造業         | 17,134        | 353,055          | 171         | 188,450    | 1,102     | 1,727         |
| その他の水産食料品製造業      | 46,456        | 538,256          | 585         | 509,718    | 871       | 15,870        |
| 水産食料品製造業          | 108,521       | 1,663,835        | 1,585       | 1,593,453  | 1,005     | 52,695        |

表 3-6 産業細分類別エネルギー消費原単位

| 水産食料品製造業<br>産業細分類 | 電力消費量<br>MWh／人 | 蒸気消費量<br>t／人 | 燃料消費量<br>kL／人 |
|-------------------|----------------|--------------|---------------|
| 水産缶詰・瓶詰製造業        | 12.11          | 54.02        | 0.1818        |
| 海藻加工業             | 10.75          | 8.32         | 0.3375        |
| 水産練製品製造業          | 17.57          | 20.26        | 1.3859        |
| 冷凍水産物製造業          | 22.91          | 1.41         | 0.1469        |
| 冷凍水産食品製造業         | 20.61          | 11.00        | 0.1008        |
| その他の水産食料品製造業      | 11.59          | 10.97        | 0.3416        |
| 水産食料品製造業平均        | 15.33          | 14.68        | 0.4856        |

さらに、地域特有の水産加工品の蒸気消費量について個別ヒアリング等を行った結果をまとめると、表 3-7 のようになる。電力消費量と燃料消費量は、表 3-6 と同様である。

表 3-7 地域特有水産加工品のエネルギー消費原単位

| 水産食料品製造業<br>地域特産品 | 電力消費量<br>MWh／人 | 蒸気消費量<br>t／人 | 燃料消費量<br>kL／人 |
|-------------------|----------------|--------------|---------------|
| 鯉節・削り節            | 11.59          | 75.02        | 0.3416        |
| カニ加工              | 11.59          | 47.01        | 0.3416        |
| フカヒレ加工            | 11.59          | 15.70        | 0.3416        |
| 笹蒲鉾               | 17.57          | 0            | 1.3859        |
| カキ加工              | 11.59          | 0            | 0.3416        |
| フグ加工              | 11.59          | 0            | 0.3416        |
| 明太子               | 11.59          | 0            | 0.3416        |

また、「工場ガイド」<sup>6)</sup>に基づき、各水産都市における従業者数 10 人以上の工場を対象として、水産食料品製造業の産業細分類ごとに、従業者数とともにデータを整理した。その上で、産業細分類等による従業員 1 人当りの原単位を乗じて、水産都市別の年間のエネルギー消費量を推定した。結果を表 3-8 に示す。

表 3-8 水産都市別年間エネルギー消費量

| 水産都市 | 従業者数<br>人 | 電力消費量<br>MWh／年 | ボイラ能力<br>t／h | 蒸気消費量<br>t／年 | 燃料消費量<br>kL／年 |
|------|-----------|----------------|--------------|--------------|---------------|
| 八戸   | 3,606     | 46,943         | 68.0         | 64,666       | 994           |
| 気仙沼  | 2,723     | 28,967         | 39.7         | 34,849       | 879           |
| 石巻   | 3,272     | 43,081         | 38.8         | 38,038       | 1,433         |
| 塩釜   | 1,742     | 27,858         | 23.4         | 26,843       | 1,550         |
| 銚子   | 2,381     | 36,863         | 34.0         | 34,189       | 814           |
| 三浦   | 221       | 2,832          | 2.7          | 2,425        | 68            |
| 焼津   | 4,135     | 52,045         | 143.1        | 131,021      | 1,623         |
| 境港   | 1,566     | 18,698         | 36.3         | 45,300       | 479           |
| 浜田   | 560       | 6,120          | 6.8          | 6,014        | 203           |
| 下関   | 1,689     | 17,336         | 17.1         | 19,078       | 1,213         |
| 福岡   | 1,219     | 14,136         | 5.6          | 5,650        | 525           |
| 長崎   | 1,227     | 18,702         | 16.0         | 17,238       | 913           |
| 枕崎   | 567       | 7,804          | 39.3         | 34,897       | 231           |

### 3-5-2 代表的な水産加工工場におけるエネルギー消費実態詳細調査結果

本研究では、①北海道から沖縄まで全国的に製造されている蒲鉾の工場、②水産都市の再生のためには付加価値の高い水産加工品が求められているので、高付加価値製品製造工場を代表例として、詳細調査を行った。



### 3-5-2-1 蒲鉾工場

#### (1) 工場概要

- ①所在地：神奈川県小田原市      ②主製品：蒲鉾、魚肉練物各種等
- ③主要消費エネルギー
- ・電力：生産用、冷蔵用、空調用、照明用、事務所用等
  - ・蒸気：茹で蒸し等製造用、洗浄用温水用、蒸気殺菌用
  - ・都市ガス：蒸気ボイラ用、成型加熱用、吸収冷温水機用
- ④稼働時間：7～21 時      ⑤年間稼働日：258 日

#### (2) 分析手順

- ①2012 年度の代表月（4 月、8 月、2 月）における、1 週間分の時刻別電力消費量及び毎月の電力消費量を入手した。
- ②平日と休日に分けて、代表月の時刻別負荷パターンを求めた。休日の電力は冷蔵電力のみで、冷蔵電力については休日も平日も同様であると仮定した。
- ③空調については、COP や運転時間等から年間の消費電力量を予め推定し、各部屋の空調温度と気温との差から個別に月別・時刻別消費量を求め、さらに気温との相関式に変形した。なお、吸収冷温水機の暖房(COP=0.844)については、パッケージエアコン (COP=2.50) の電力に変換した。空調電力を求めるために、まず小田原の月別時刻別の気温を計算により求めた。2012 年度の月別の平均最高気温と平均最低気温の実績値を基に、日出時刻を最低気温、南中時刻+2h を最高気温と仮定し、日出時刻から南中時刻+2h までを sin 曲線、南中時刻+2h から日出時刻までを直線で近似し、気温を推定した。
- ④照明及び事務所等の電力も生産電力に含めるとすると、生産電力は次式より求まる。
- $$\text{生産電力} = \text{全電力} - \text{冷蔵電力} - \text{空調電力}$$
- ⑤生産電力は、季節別時刻別の全電力、月別時刻別の冷蔵電力、月別時刻別の空調電力が既知であることより、月別時刻別の生産電力を求め、合算して年平均の時刻別パターンとした。また、稼働日 1 日の生産電力量が毎日一定であると仮定し、月別電力量を求めた。
- ⑥ヒアリングに基づき、ボイラ効率を 0.90（低位発熱量基準）、燃料は都市ガスを使用し、高位発熱量を 45.0MJ/Nm<sup>3</sup>、低位発熱量を 40.6 MJ/Nm<sup>3</sup> として計算を行った。また、稼働日 1 日当りのボイラの蒸気量及び成型用の都市ガスの消費量を毎日一定であると仮定し、月別の都市ガス使用量を求めた。さらに、ボイラの蒸気量及び成型用の都市ガスの時刻別消費量については、生産電力の時刻別パターンと同様であることを仮定した。

#### (3) 空調電力について

蒲鉾工場におけるデータより、暖房、冷房（事務所等、生産工場）、送風の単位面積当りの空調電力消費量を気温との関係で求めると、図 3-24～図 3-27 のようになる。

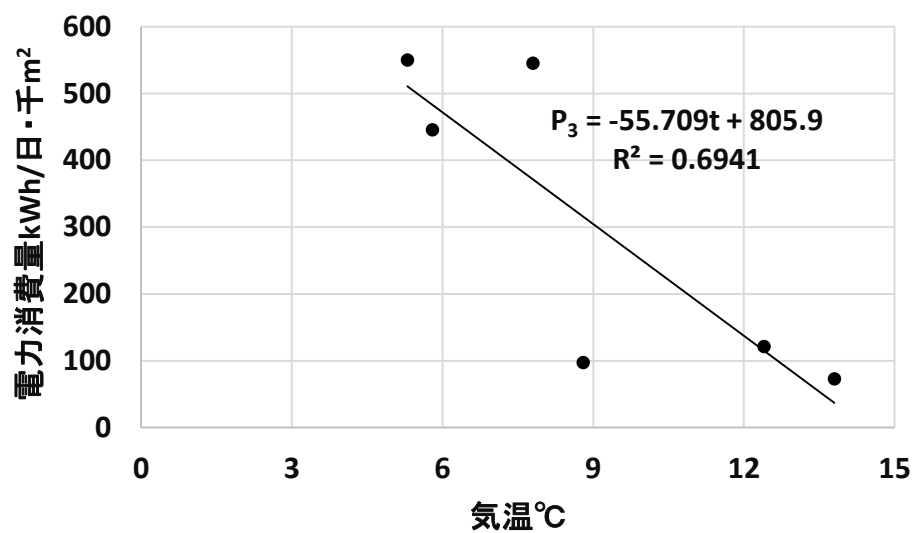


図 3-24 事務所等暖房の 1 日電力消費量

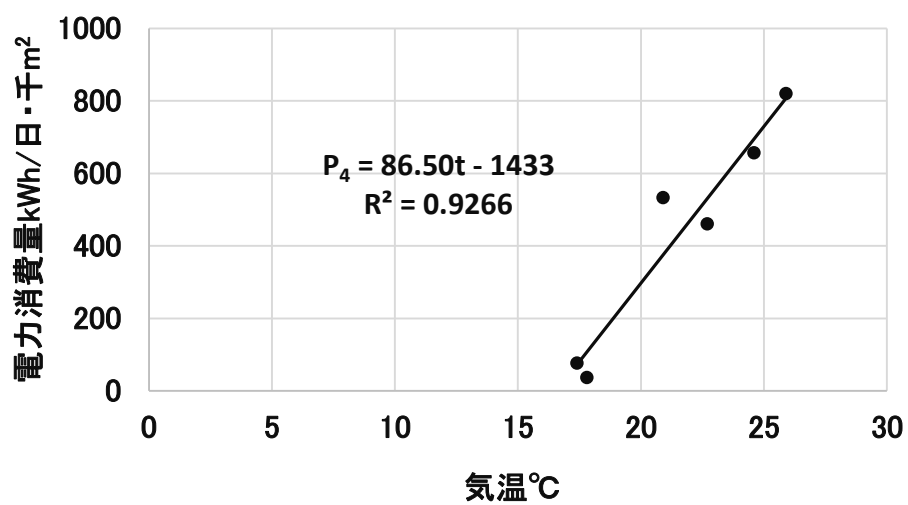


図 3-25 事務所等冷房の 1 日電力消費量

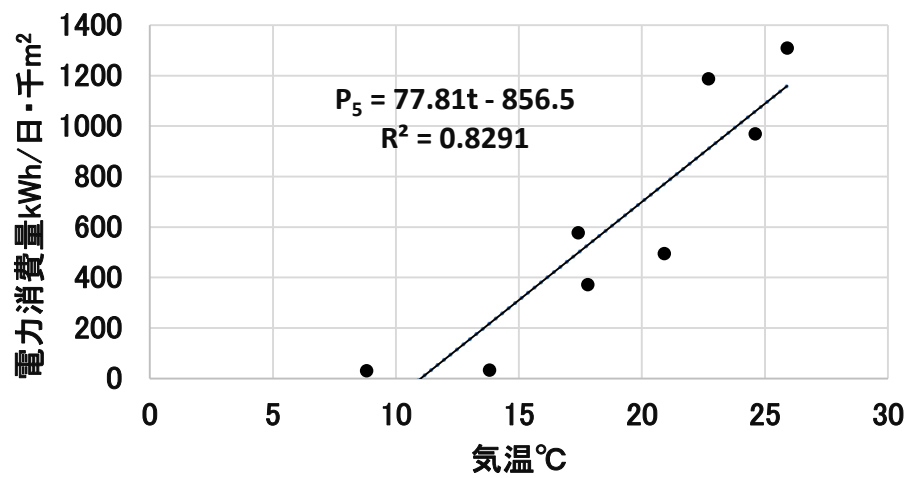


図 3-26 生産工場冷房の 1 日電力消費量

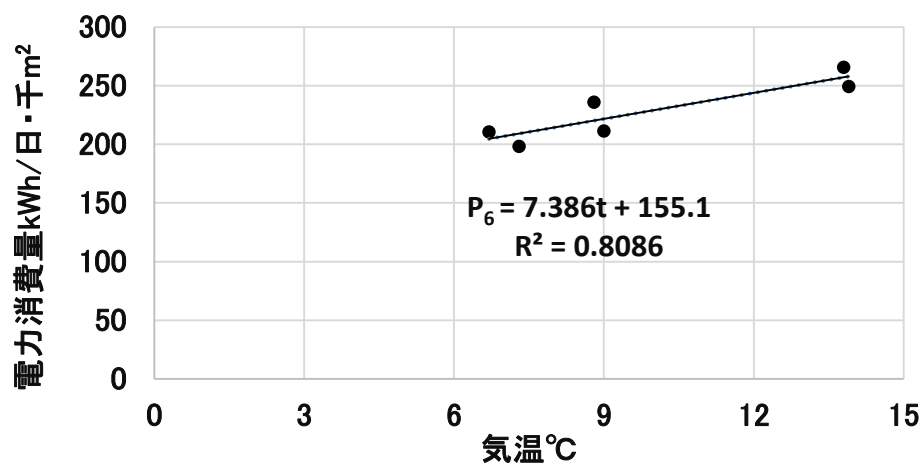


図 3-27 生産工場送風の 1 日電力消費量

以上をまとめると、空調の電力消費量は、次のようになる。

$$P_3 = -55.71 \times t + 805.9 \quad (3-7)$$

$$P_4 = 86.49 \times t - 1433 \quad (3-8)$$

$$P_5 = 77.77 \times t - 856.6 \quad (3-9)$$

$$P_6 = 7.385 \times t + 155.1 \quad (3-10)$$

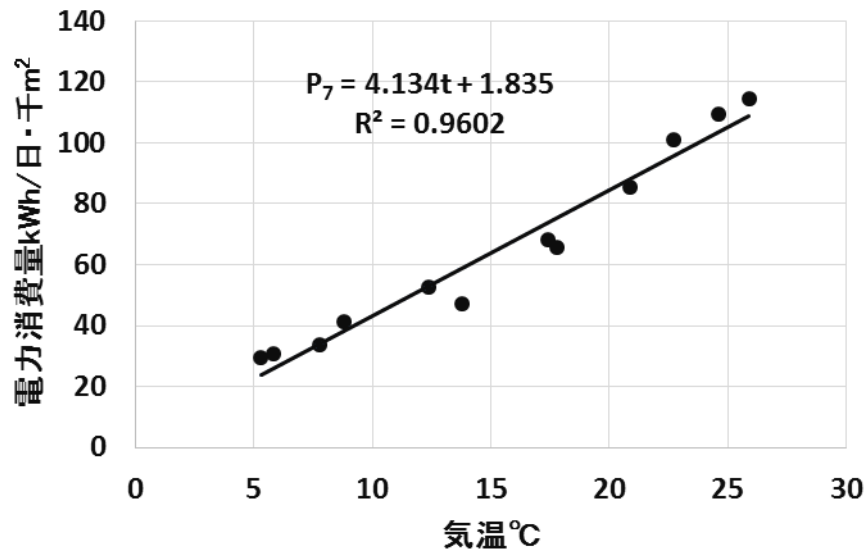


図 3-28 冷蔵の1日電力消費量

$P_3$  : 事務所等暖房の1日当り電力消費量 (kWh/日・千  $m^2$ )

$P_4$  : 事務所等冷房の1日当り電力消費量 (kWh/日・千  $m^2$ )

$P_5$  : 生産工場冷房の1日当り電力消費量 (kWh/日・千  $m^2$ )

$P_6$  : 生産工場送風の1日当り電力消費量 (kWh/日・千  $m^2$ )

$t$  : 気温 (°C)

#### (4) 冷蔵電力及び生産電力

冷蔵電力の電力消費量は、休日の電力消費量と月平均気温との相関から図 3-28 のようになり、次の回帰式となる。

$$P_7 = 4.134 \times t + 1.835 \quad (3-11)$$

$P_7$  : 冷蔵電力の1日当り電力消費量 (kWh/日・千  $m^2$ )

また、生産電力  $P_8$  は気温によらず一定と仮定しており、 $P_8 = 1,457$  (kWh/日・千  $m^2$ )

#### (5) 蒲鉾工場のエネルギー消費量推定結果

蒲鉾工場の千  $m^2$  当りの稼働日1日のエネルギー消費量を求めると、表 3-9 のようになる。

表 3-9 蒲鉾工場のエネルギー消費量

| 項目   | 対象面積                   | 4月    | 5月    | 6月    | 7月    | 8月    | 9月    | 10月   | 11月   | 12月   | 1月    | 2月    | 3月    |
|--|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 蒸気量 $\text{kg}/\text{日}\cdot\text{千m}^2$     | 工場建屋延床面積 $\text{千m}^2$ | 1,395 | 1,395 | 1,395 | 1,395 | 1,395 | 1,395 | 1,395 | 1,395 | 1,395 | 1,395 | 1,395 | 1,395 |
| ボイラガス $\text{Nm}^3/\text{日}\cdot\text{千m}^2$ | 工場建屋延床面積 $\text{千m}^2$ | 102   | 102   | 101   | 101   | 101   | 101   | 102   | 102   | 103   | 103   | 103   | 103   |
| 成型ガス $\text{Nm}^3/\text{日}\cdot\text{千m}^2$  | 工場建屋延床面積 $\text{千m}^2$ | 30    | 30    | 30    | 30    | 30    | 30    | 30    | 30    | 30    | 30    | 30    | 30    |
| 生産ガス計 $\text{Nm}^3/\text{日}\cdot\text{千m}^2$ | 工場建屋延床面積 $\text{千m}^2$ | 132   | 132   | 131   | 131   | 131   | 131   | 132   | 132   | 133   | 133   | 133   | 133   |
| 事務所等冷房 $\text{kWh}/\text{日}\cdot\text{千m}^2$ | 事務所等冷房面積 $\text{千m}^2$ | 0     | 107   | 375   | 695   | 807   | 530   | 72    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 事務所等暖房 $\text{kWh}/\text{日}\cdot\text{千m}^2$ | 事務所等暖房面積 $\text{千m}^2$ | 30    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 94    | 304   | 418   | 395   | 258   |
| 生産用冷房 $\text{kWh}/\text{日}\cdot\text{千m}^2$  | 生産用冷房面積 $\text{千m}^2$  | 217   | 528   | 769   | 1,057 | 1,158 | 909   | 497   | 108   | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 生産用送風 $\text{kWh}/\text{日}\cdot\text{千m}^2$  | 生産用送風面積 $\text{千m}^2$  | 257   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 247   | 213   | 194   | 198   | 220   |
| 生産電力 $\text{kWh}/\text{日}\cdot\text{千m}^2$   | 工場建屋延床面積 $\text{千m}^2$ | 1,457 | 1,457 | 1,457 | 1,457 | 1,457 | 1,457 | 1,457 | 1,457 | 1,457 | 1,457 | 1,457 | 1,457 |
| 冷蔵電力 $\text{kWh}/\text{日}\cdot\text{千m}^2$   | 工場建屋延床面積 $\text{千m}^2$ | 59    | 75    | 88    | 104   | 109   | 96    | 74    | 53    | 34    | 24    | 26    | 38    |

#### (6) 時刻別電力負荷パターン

冷蔵電力、空調電力、生産電力につき、稼働日の時刻別負荷パターンを季節別に求めた後、合算すると、図 3-29 のようになる。

1 日の変動は大きい、季節間の差異は少ないことがわかる。これは生産電力の比率が大きいためであると考えられる。

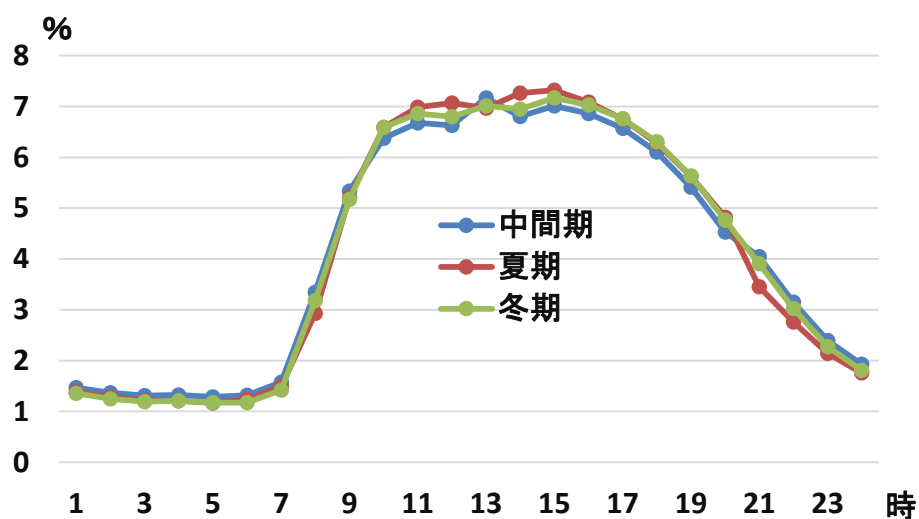


図 3-29 時刻別電力負荷パターン



### 3-5-2-2 高付加価値製品工場

#### (1) 工場概要

- ①所在地：静岡県焼津市      ②主製品：鮪・鰹等の付加価値商品、オリジナル商品
- ③主要消費エネルギー
- ・電力：生産用、冷蔵用、空調用、照明用、事務所用等
  - ・蒸気：殺菌用、乾燥用、蒸煮用、レトルト高压釜用、ボイル用、器具清掃用等
  - ・LPG ガス：蒸気ボイラ用、ガス窯用
- ④稼働時間：8～17 時      ⑤年間稼働日：272 日

#### (2) 分析手順

- ①2011 年～2012 年の代表月（4 月、8 月、2 月）における、毎日の時刻別電力消費量及び毎月の電力消費量を入手した。
- ②同様に、平日と休日に分けて、代表月の時刻別負荷パターンを求めた。休日の電力は冷蔵電力のみで、冷蔵電力については休日も平日も同様であると仮定した。
- ③空調の消費電力量を求めるために、同様に焼津の月別時刻別の気温を計算により求めた。その上で、気温と室温との差異の単位面積当りの電力消費量について、蒲鉾工場と同様であると仮定して、暖房及び冷房の電力消費量を求め、さらに気温との相関式に変形した。
- ④生産電力は、蒲鉾工場と同様に、季節別時刻別の全電力、月別時刻別の冷蔵電力、月別時刻別の空調電力から、月別時刻別の生産電力を求め、合算して年平均の時刻別パターンとした。また、稼働日 1 日の生産電力量が毎日一定であると仮定し、月別電力量を求めた。
- ⑤蒸気及び燃料消費量については、月別のデータを入手しており、それを用いた。また、稼働日 1 日当りのボイラの蒸気量及びガス窯の燃料の消費量を毎日一定であると仮定し、月別の燃料使用量を求めた。さらに、時刻別負荷パターンは、生産電力と同様と仮定した。なお、現在 LPG を用いており、その低位発熱量を 46.4MJ/kg とし、都市ガス（高位発熱量を 45.0MJ/Nm<sup>3</sup>、低位発熱量を 40.6 MJ/Nm<sup>3</sup>）に換算した。

#### (3) 高付加価値製品工場のエネルギー消費量推定結果

高付加価値製品工場の空調及び冷蔵電力についても、同様に回帰分析を行う。

$P_9$ ：事務所等暖房の 1 日当り電力消費量 (kWh/日・千 m<sup>2</sup>)

$P_{10}$ ：事務所等冷房の 1 日当り電力消費量 (kWh/日・千 m<sup>2</sup>)

$P_{11}$ ：生産工場冷房の 1 日当り電力消費量 (kWh/日・千 m<sup>2</sup>)

$P_{12}$ ：冷蔵の 1 日当り電力消費量 (kWh/日・千 m<sup>2</sup>)

$t$ ：気温 (°C)

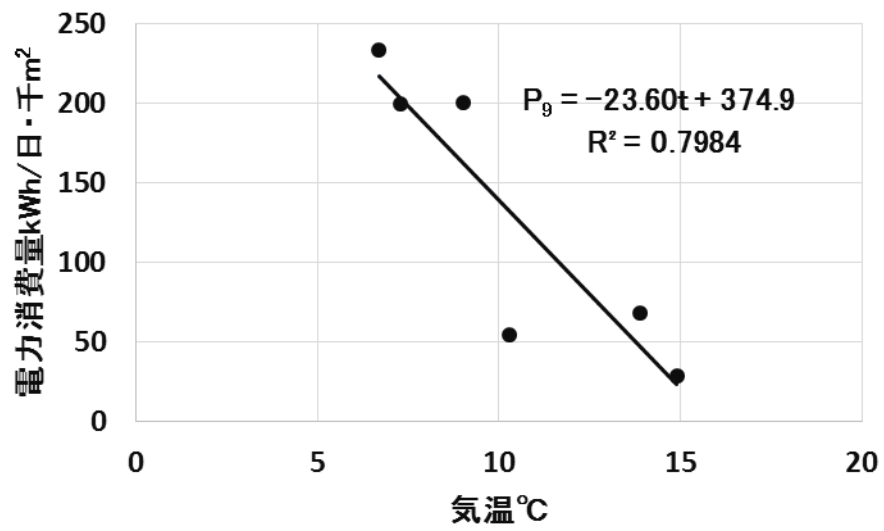


図 3-30 事務所暖房の 1 日電力消費量

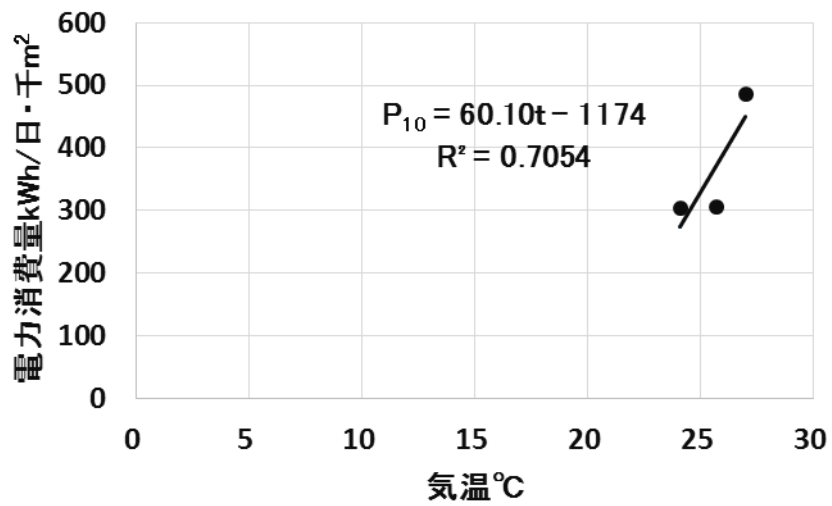


図 3-31 事務所冷房の 1 日電力消費量

(注) 事務所の冷房は 7 月～9 月の 3 ヶ月間のため、データが少ない。

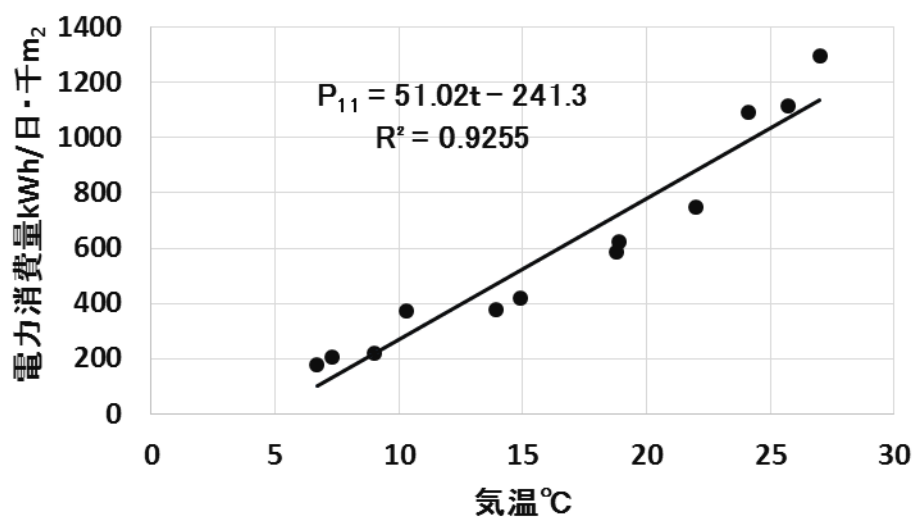


図 3-32 生産工場冷房の 1 日電力消費量

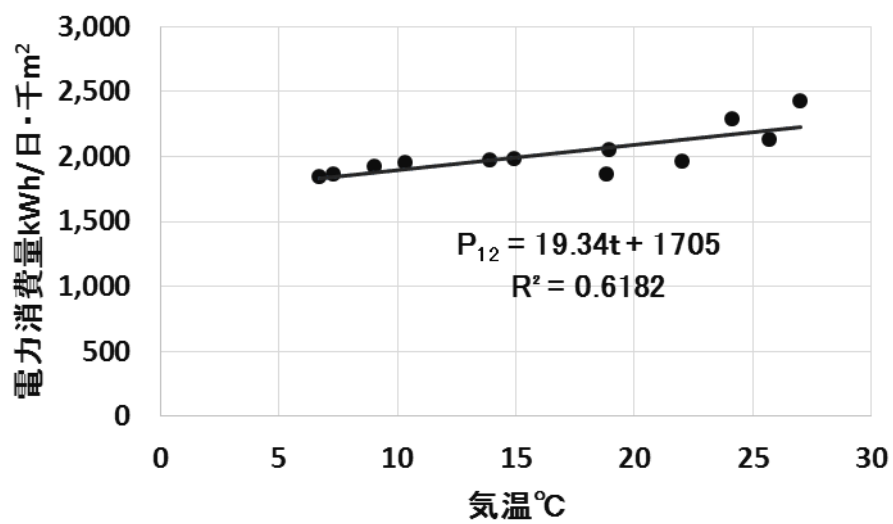


図 3-33 冷蔵の 1 日電力消費量

以上の回帰式より、空調や冷蔵の電力消費量は、気温との関係で下記のようなになる。

$$P_9 = -23.60 \times t + 374.9 \quad (3-11)$$

$$P_{10} = 60.10 \times t - 1174 \quad (3-12)$$

$$P_{11} = 51.02 \times t - 241.3 \quad (3-13)$$

$$P_{12} = 19.34 \times t + 1705 \quad (3-14)$$

また、生産電力  $P_{13}$  は気温によらず一定と仮定しており、 $P_{13} = 425$  (kWh/日・千  $m^2$ )

高付加価値製品工場の千  $m^2$  当りの稼働日 1 日のエネルギー消費量を求めると、表 3-10 のようになる。

表 3-10 高付加価値工場のエネルギー消費量

|                            | 対象面積            | 4月    | 5月    | 6月    | 7月    | 8月    | 9月    | 10月   | 11月   | 12月   | 1月    | 2月    | 3月    |
|----------------------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 蒸気量 $kg/日 \cdot 千m^2$      | 工場建屋延床面積 $千m^2$ | 1,035 | 1,035 | 1,035 | 1,035 | 1,035 | 1,035 | 1,035 | 1,035 | 1,035 | 1,035 | 1,035 | 1,035 |
| ボイラガス $Nm^3/日 \cdot 千m^2$  | 工場建屋延床面積 $千m^2$ | 77    | 76    | 76    | 76    | 75    | 76    | 76    | 77    | 77    | 77    | 77    | 77    |
| ガス窯等ガス $Nm^3/日 \cdot 千m^2$ | 工場建屋延床面積 $千m^2$ | 45    | 45    | 45    | 45    | 45    | 45    | 45    | 45    | 45    | 45    | 45    | 45    |
| 生産ガス計 $Nm^3/日 \cdot 千m^2$  | 工場建屋延床面積 $千m^2$ | 122   | 121   | 121   | 121   | 120   | 121   | 121   | 122   | 122   | 122   | 122   | 122   |
| 事務所等冷房 $kWh/日 \cdot 千m^2$  | 事務所等冷房面積 $千m^2$ | 0     | 0     | 0     | 371   | 449   | 274   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 事務所等暖房 $kWh/日 \cdot 千m^2$  | 事務所等暖房面積 $千m^2$ | 23    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 47    | 163   | 217   | 203   | 132   |
| 生産用冷房 $kWh/日 \cdot 千m^2$   | 生産用冷房面積 $千m^2$  | 519   | 718   | 881   | 1,070 | 1,136 | 988   | 723   | 468   | 218   | 101   | 131   | 284   |
| 生産電力 $kWh/日 \cdot 千m^2$    | 工場建屋延床面積 $千m^2$ | 425   | 425   | 425   | 425   | 425   | 425   | 425   | 425   | 425   | 425   | 425   | 425   |
| 冷蔵電力 $kWh/日 \cdot 千m^2$    | 工場建屋延床面積 $千m^2$ | 1,993 | 2,069 | 2,130 | 2,202 | 2,227 | 2,171 | 2,071 | 1,974 | 1,879 | 1,835 | 1,846 | 1,904 |

#### (4) 時刻別電力負荷パターン

同様に、冷蔵電力、空調電力、生産電力につき、稼働日の時刻別負荷パターンを季節別に求めた後、合算すると、図 3-34 のようになる。

昼休みの生産電力や空調電力の削減がみられ、省エネルギーに取り組んでいることがわかる。生産電力とともに冷蔵電力の割合が大きく、逆に空調電力の割合が小さいため、季節間の差異は小さいと考えられる。

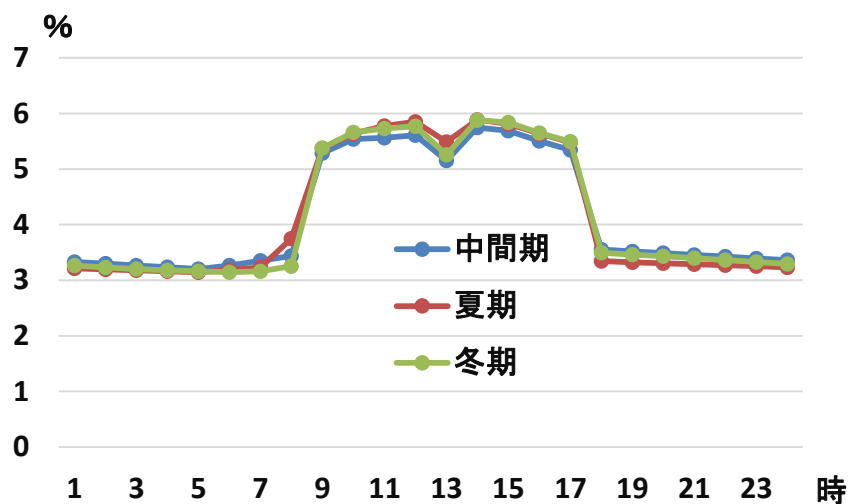


図 3-34 時刻別電力負荷パターン

### 3-5-3 年間・月別エネルギー消費量推定結果

以上を全国の水産都市に適用するため、まず焼津の高付加価値製品工場をそのまま各都市に移設したと仮定する。生産電力はそのまま一定値を用い、空調電力及び冷蔵電力については月別平均気温から計算により求めた。また、統計調査等により求めた水産都市の水産加工工場の年間総電力消費量と焼津の高付加価値製品工場の年間総電力消費量との比が、水産都市の年間総生産電力消費量と焼津の高付加価値工場の年間生産電力消費量との比に等しいと仮定し、水産都市の年間総生産電力消費量を求め、当該水産都市の生産電力と空調電力及び冷蔵電力との比率から、水産都市の年間の空調電力及び冷蔵電力を求めた。さらに、移設した高付加価値工場の蒸気量及び燃料使用設備（焼津の高付加価値工場ではガス窯）のガス量は全国どこでも一定と仮定し、統計調査等から算出した水産都市の年間の蒸気量及び燃料との数量比を用いて、水産都市ごとの蒸気量及びガス量を算出した。なお、水産都市ごとのボイラガス量を求め、燃料使用設備と合算してガス量を求めた。1日の稼働は高付加価値製品工場と同様、8～17時とし、年間稼働日は蒲鉾工場と同様、258日を用いた。

### 3-5-4 時刻別エネルギー消費量推定結果

焼津の高付加価値工場の季節別・時刻別負荷パターンを仮定して、全水産都市の時刻別割合を求めた。空調電力については、焼津の高付加価値工場と月別平均気温が近い月の時刻別負荷パターンを用い、冷蔵電力については月別平均気温が近い季節の時刻別負荷パターンを用いた。また、蒸気使用量及びガス窯のガス使用量については、生産電力と同様な時刻別負荷パターンを仮定した。



### 3-6 観光施設のエネルギー消費量推定結果

#### 3-6-1 見せる工場

##### (1) 工場概要

- ①所在地：静岡県焼津市
- ②主製品：鮪・鰹のロイン加工
- ③主要消費エネルギー
  - ・電力：生産用、冷蔵用、空調用等
  - ・蒸気：解凍用
  - ・LPG ガス：蒸気ボイラ用、鰹タタキ用

##### (2) 分析手順

高付加価値製品工場の分析手順と同様。なお、ガス窯の代わりに、鰹タタキ用に LPG ガスを使用。また、暖房は行っていない。

##### (3) 見せる工場のエネルギー消費量推定結果

見せる工場の冷房及び冷蔵電力についても、同様に回帰分析を行う。

$P_{14}$ ：見せる工場の冷房の 1 日当り電力消費量 (kWh/日・千 m<sup>2</sup>)

$P_{15}$ ：冷蔵の 1 日当り電力消費量 (kWh/日・千 m<sup>2</sup>)

$t$ ：気温 (°C)

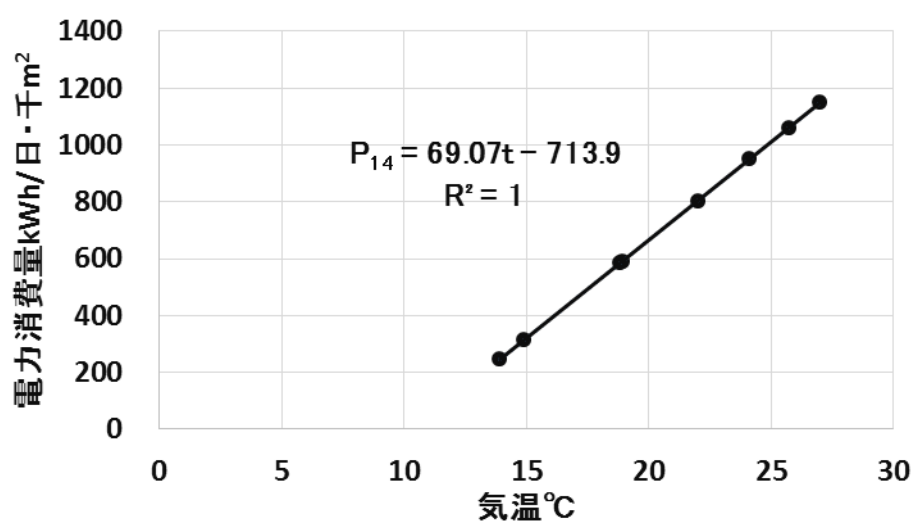


図 3-35 見せる工場の生産用冷房の 1 日電力消費量

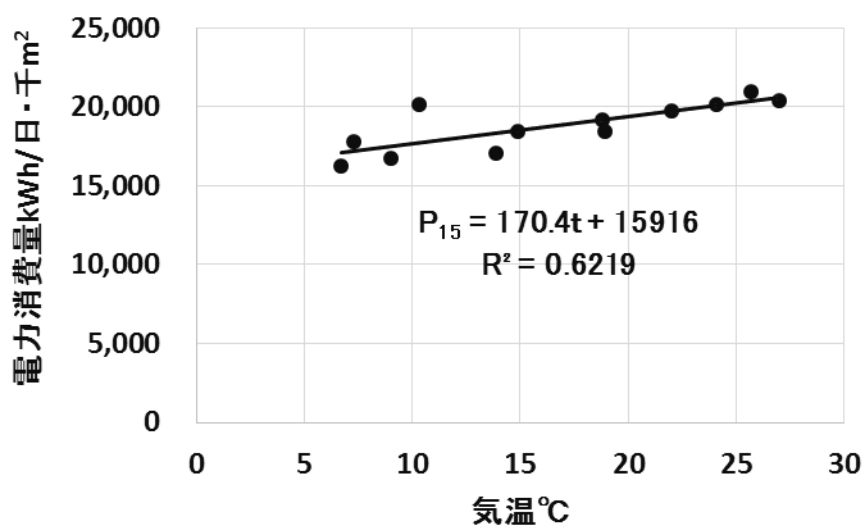


図 3-36 見せる工場の冷蔵の 1 日電力消費量

ここで、空調や冷蔵の電力消費量は、気温との関係で下記のようになる。

$$P_{14} = 69.07 \times t - 713.9 \quad (3-11)$$

$$P_{15} = 170.4 \times t + 15,916 \quad (3-12)$$

また、生産電力  $P_{16}$  は気温によらず一定と仮定しており、 $P_{16} = 5,125$  (kWh/日・千m<sup>2</sup>)

見せる工場の千m<sup>2</sup>当りの稼働日 1 日のエネルギー消費量を求めると、表 3-11 のようになる。

表 3-11 見せる工場のエネルギー消費量

|  | 対象面積                    | 4月     | 5月     | 6月     | 7月     | 8月     | 9月     | 10月    | 11月    | 12月    | 1月     | 2月     | 3月     |
|--|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 蒸気量 kg/日・千m <sup>2</sup>                 | 工場部分延床面積千m <sup>2</sup> | 14,536 | 14,536 | 14,536 | 14,536 | 14,536 | 14,536 | 14,536 | 14,536 | 14,536 | 14,536 | 14,536 | 14,536 |
| ボイラガス Nm <sup>3</sup> /日・千m <sup>2</sup> | 工場部分延床面積千m <sup>2</sup> | 1,075  | 1,070  | 1,066  | 1,061  | 1,059  | 1,063  | 1,070  | 1,077  | 1,083  | 1,086  | 1,085  | 1,081  |
| 鯉タキガス Nm <sup>3</sup> /日・千m <sup>2</sup> | 工場部分延床面積千m <sup>2</sup> | 1,279  | 1,279  | 1,279  | 1,279  | 1,279  | 1,279  | 1,279  | 1,279  | 1,279  | 1,279  | 1,279  | 1,279  |
| 生産ガス計 Nm <sup>3</sup> /日・千m <sup>2</sup> | 工場部分延床面積千m <sup>2</sup> | 2,354  | 2,349  | 2,344  | 2,340  | 2,338  | 2,342  | 2,348  | 2,355  | 2,362  | 2,365  | 2,364  | 2,360  |
| 生産用冷房 kWh/日・千m <sup>2</sup>              | 工場部分延床面積千m <sup>2</sup> | 315    | 585    | 806    | 1,061  | 1,151  | 951    | 592    | 246    | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 生産電力 kWh/日・千m <sup>2</sup>               | 工場部分延床面積千m <sup>2</sup> | 5,125  | 5,125  | 5,125  | 5,125  | 5,125  | 5,125  | 5,125  | 5,125  | 5,125  | 5,125  | 5,125  | 5,125  |
| 冷蔵電力 kWh/日・千m <sup>2</sup>               | 工場部分延床面積千m <sup>2</sup> | 18,455 | 19,120 | 19,665 | 20,295 | 20,517 | 20,023 | 19,137 | 18,285 | 17,450 | 17,058 | 17,160 | 17,671 |

### 3-6-2 観光施設

#### (1) 観光施設概要

- ①所在地：静岡県焼津市      ②主用施設：ショッピングセンター、レストラン、厨房
- ③主要消費エネルギー
- ・電力：空調用、照明用等
  - ・LPG ガス：ボイラ用、厨房用
- ④稼働時間：ショッピングセンターは 8～17 時、レストランは 11～14 時
- ⑤年間稼働日：365 日（無休）

#### (2) 分析手順

高付加価値製品工場の分析手順と同様。なお、ガス窯の代わりに厨房用に LPG ガスを使用。

#### (3) 観光施設のエネルギー消費量推定結果

観光施設の千 $m^2$  当りの稼働日 1 日のエネルギー消費量を求めると、表 3-12 のようになる。

表 3-12 観光施設のエネルギー消費量

|                                | 対象面積            | 4月    | 5月    | 6月    | 7月    | 8月    | 9月    | 10月   | 11月   | 12月   | 1月    | 2月    | 3月    |
|--------------------------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 電力計 kWh/日・千 $m^2$              | 観光施設延床面積千 $m^2$ | 1,679 | 1,877 | 1,893 | 1,993 | 1,956 | 2,105 | 1,862 | 1,831 | 1,731 | 1,704 | 1,720 | 1,669 |
| ガス計 Nm <sup>3</sup> /日・千 $m^2$ | 観光施設延床面積千 $m^2$ | 65    | 65    | 65    | 65    | 65    | 65    | 65    | 65    | 65    | 65    | 65    | 65    |

### 3-7 水産都市別の関連施設の集積状況

#### 3-7-1 集積状況の調査方法

各文献から調べた水産関連施設の住所に基づき、市場からの走行時間を水産都市内の製氷庫、冷凍冷蔵倉庫、水産加工工場についてまとめた。5 分刻みで 20 分まで及び 20 分以上の 5 地域に分け、件数、従業者数、エネルギー量で整理をした。魚の鮮度との関連で市場からの走行時間を指標とし、走行時間は Google マップより 1 件ごとに求めた。

#### 3-7-2 製氷庫

集積状況をグラフで示すと、図 3-37 のようになる。多くが、魚市場周辺に立地していることがわかる。これは氷のニーズが高い魚市場周辺に立地するのが便利だからである。

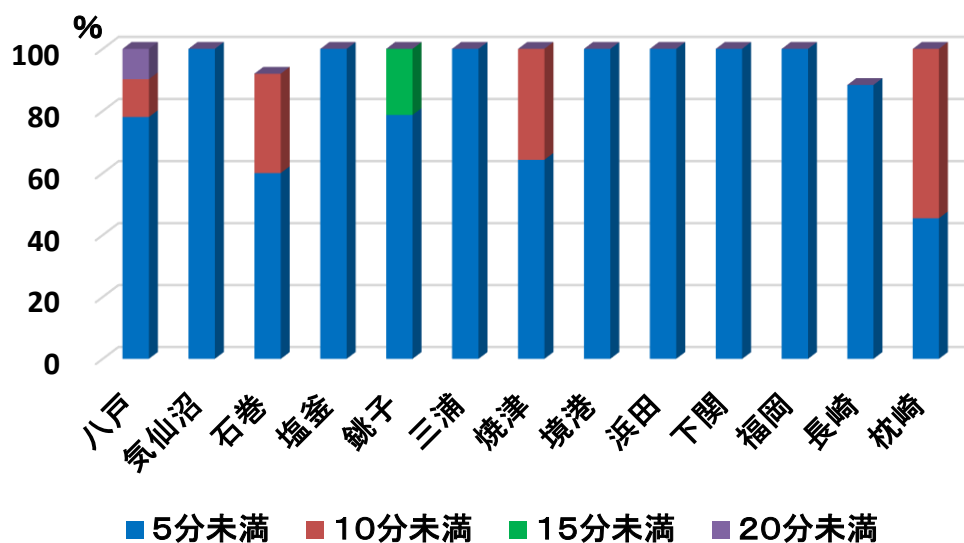


図 3-37 製氷庫の集積状況

### 3-7-3 冷凍冷蔵庫

集積状況は、図 3-38 のようになる。

比較的魚市場の周辺に立地している場合が多いが、必ずしもそうとは言い切れない水産都市もある。これは水産加工工場の立地とも関係があるからであると考えられる。

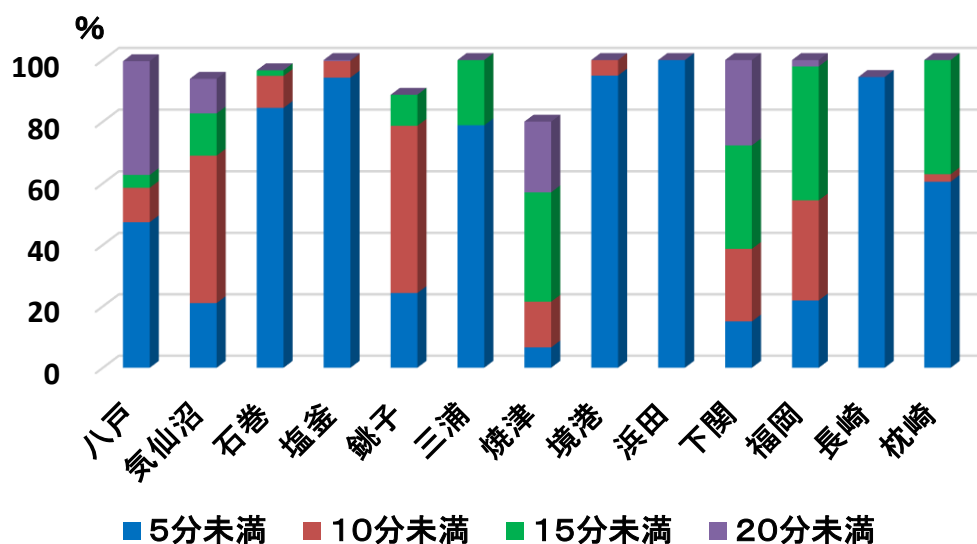


図 3-38 冷凍冷蔵庫の集積状況

### 3-7-4 水産加工工場

集積状況は、図 3-39 のようになる。

長崎の場合、遠方に比較的大きな蒲鉾工場があり、20 分未満で考えても集積率が低い。

その他は概ね 20 分未満の場所に立地している。これは魚の鮮度との兼ね合いもあり、周辺地域に立地しているものと考えられる。

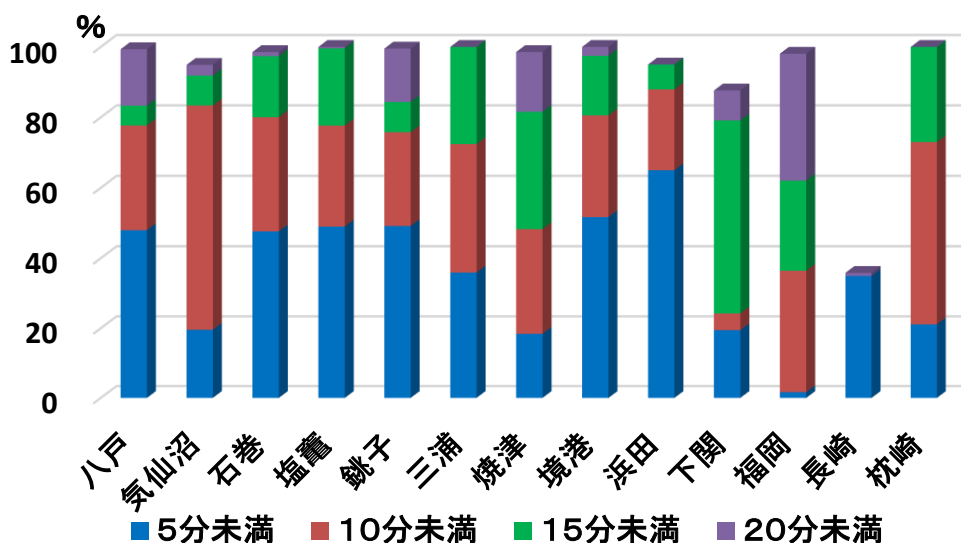


図 3-39 水産加工工場の集積状況

### 3-8 水産都市別のエネルギー合計推定結果と集積状況

#### 3-8-1 エネルギー合計推定結果

水産都市別のエネルギー合計推定結果をまとめると、表 3-13 のようになる。

なお、各水産都市のエネルギー消費量については、概略推定値であり、具体的なエネルギーシステムを個々の水産都市で検討するためには、詳細な調査が必要である。



表 3-13 エネルギー合計推定結果

| 水産都市        | 八戸        | 気仙沼     | 石巻      | 塩釜      | 銚子      | 三浦      | 焼津        |
|-------------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| 魚市場電力 MWh   | 485       | 971     | 1,907   | 905     | 574     | 681     | 464       |
| 製氷庫電力 MWh   | 1,815     | 1,170   | 881     | 602     | 3,465   | 730     | 1,596     |
| 冷凍冷蔵庫電力 MWh | 82,219    | 18,435  | 30,418  | 18,827  | 6,590   | 7,124   | 88,191    |
| 加工工場電力 MWh  | 46,943    | 28,967  | 43,081  | 27,858  | 36,863  | 2,832   | 52,045    |
| 電力合計 MWh    | 131,462   | 49,543  | 76,288  | 48,192  | 47,491  | 11,367  | 142,296   |
| 電力一次エネルギーGJ | 1,283,068 | 483,538 | 744,569 | 470,353 | 463,511 | 110,944 | 1,388,808 |
| 蒸気t         | 64,666    | 34,849  | 38,038  | 26,843  | 34,189  | 2,425   | 131,021   |
| 蒸気一次エネルギーGJ | 195,606   | 105,326 | 114,869 | 81,078  | 102,760 | 7,286   | 393,245   |
| 燃料kL        | 994       | 879     | 1,433   | 1,550   | 814     | 68      | 1,623     |
| 燃料一次エネルギーGJ | 37,970    | 33,588  | 54,733  | 59,215  | 31,113  | 2,608   | 62,009    |
| 一次エネルギー合計GJ | 1,516,645 | 622,451 | 914,171 | 610,645 | 597,384 | 120,838 | 1,844,062 |
| 水産都市        | 境港        | 浜田      | 下関      | 福岡      | 長崎      | 枕崎      | 合計        |
| 魚市場電力 MWh   | 801       | 716     | 2,035   | 10,605  | 3,232   | 280     | 23,656    |
| 製氷庫電力 MWh   | 1,203     | 599     | 334     | 985     | 1,438   | 1,305   | 16,122    |
| 冷凍冷蔵庫電力 MWh | 18,610    | 4,610   | 13,210  | 45,926  | 19,425  | 12,367  | 365,952   |
| 加工工場電力 MWh  | 18,698    | 6,120   | 17,336  | 14,136  | 18,702  | 7,804   | 321,383   |
| 電力合計 MWh    | 39,312    | 12,045  | 32,914  | 71,650  | 42,796  | 21,757  | 727,113   |
| 電力一次エネルギーGJ | 383,686   | 117,557 | 321,241 | 699,306 | 417,693 | 212,346 | 7,096,620 |
| 蒸気t         | 45,300    | 6,014   | 19,078  | 5,650   | 17,238  | 34,897  | 460,208   |
| 蒸気一次エネルギーGJ | 136,202   | 18,075  | 57,249  | 16,950  | 51,699  | 104,544 | 1,384,888 |
| 燃料kL        | 479       | 203     | 1,213   | 525     | 913     | 231     | 10,926    |
| 燃料一次エネルギーGJ | 18,305    | 7,763   | 46,327  | 20,038  | 34,889  | 8,813   | 417,371   |
| 一次エネルギー合計GJ | 538,194   | 143,395 | 424,817 | 736,294 | 504,281 | 325,703 | 8,898,880 |

ここで、電力一次エネルギー換算係数：9.76（GJ/MWh）、燃料一次エネルギー換算係数 38.2（GJ/kL、原油換算値）、ボイラ効率を 90%、飽和蒸気圧を 0.80MPa として計算した。

一次エネルギー合計の順位は、①焼津、②八戸、③石巻、④福岡、⑤気仙沼、⑥塩釜、⑦銚子、⑧境港、⑨長崎、⑩下関、⑪枕崎、⑫浜田、⑬三浦となる。

また、総エネルギー消費量の比較を図 3-40 に、電力消費量の比較を図 3-41 に、蒸気消費量の比較を図 3-42 に示す。

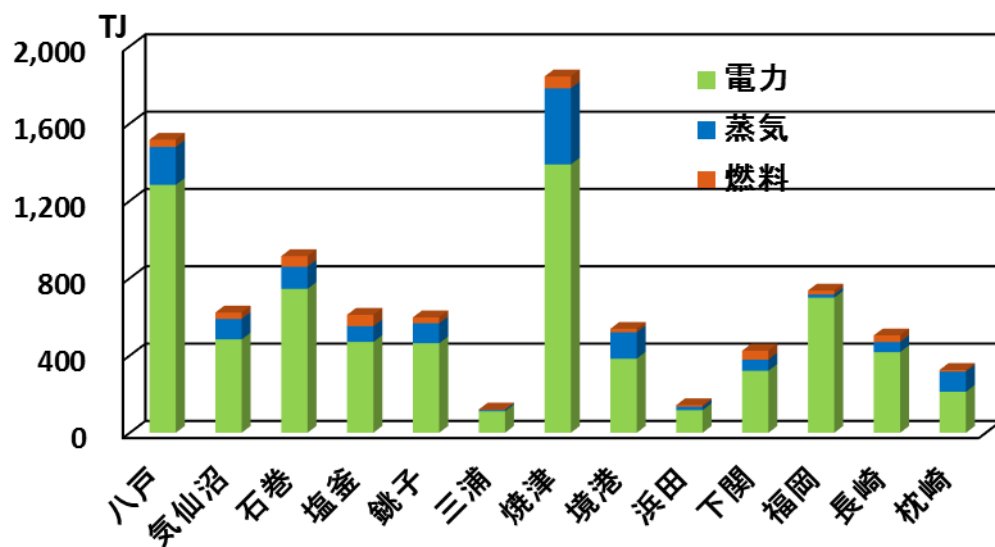


図 3-40 総エネルギー消費量の比較

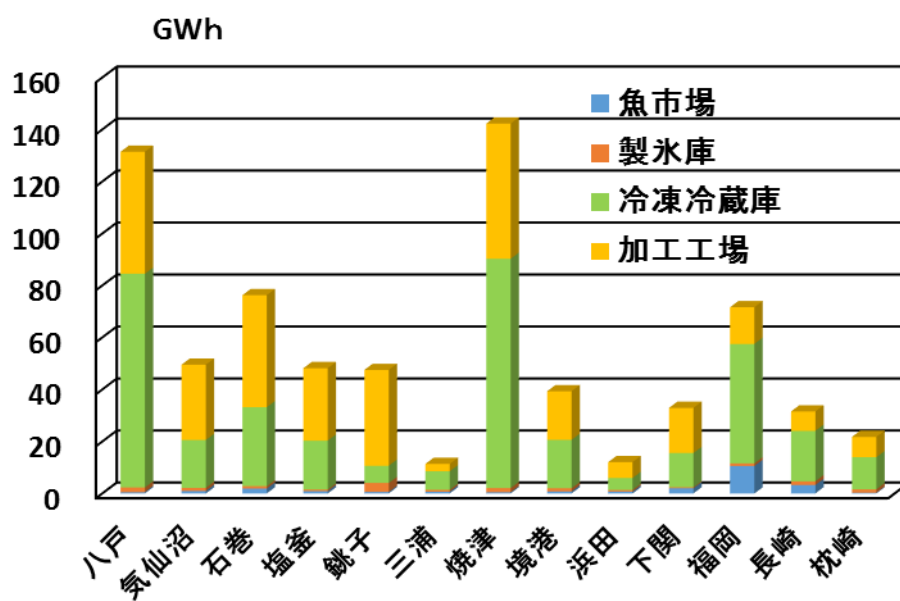


図 3-41 電力消費量の比較

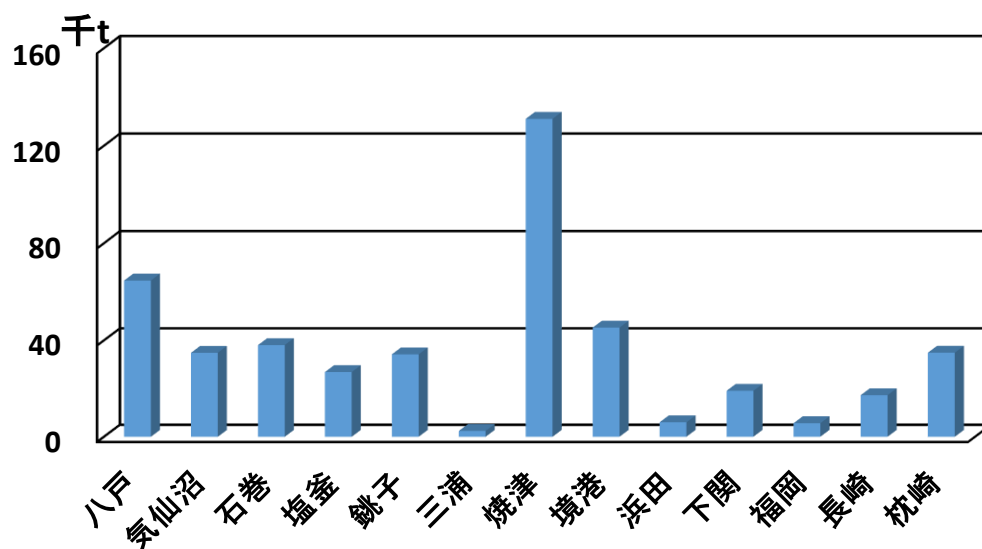


図 3-42 蒸気消費量の比較

### 3-8-2 エネルギーの集積状況

水産都市内の総エネルギー（電力・蒸気・ボイラ以外の燃料）の集積状況は、図 3-43 のようになる。また、電力及び蒸気を集積状況を、図 3-44 及び図 3-45 に示す。

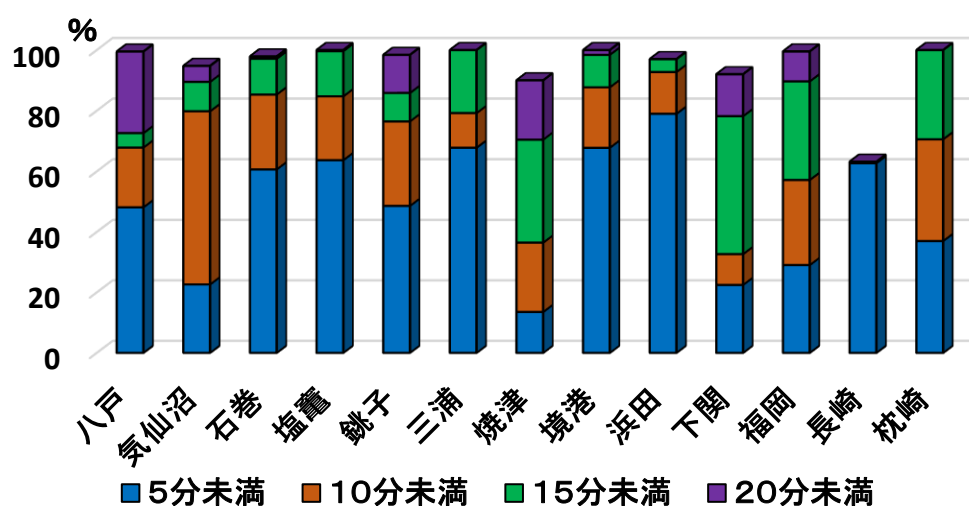


図 3-43 総エネルギーの集積状況

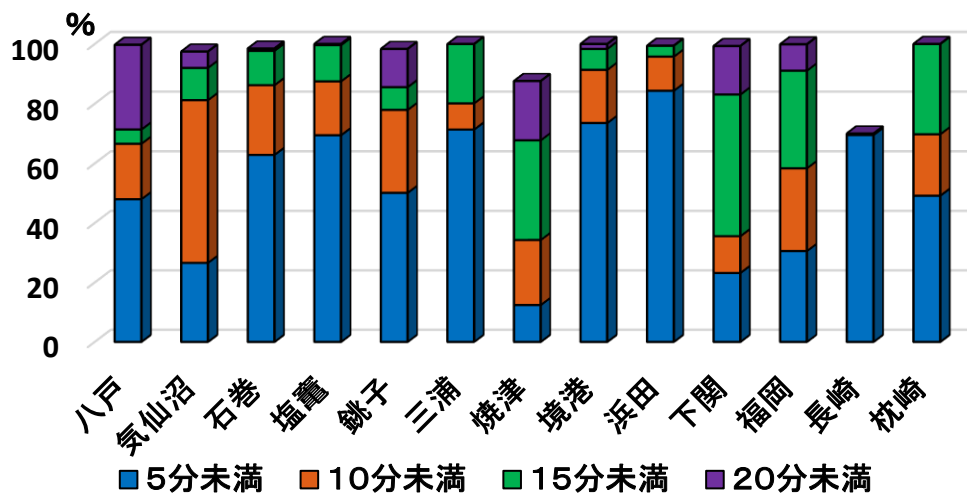


図 3-44 電力エネルギーの集積状況

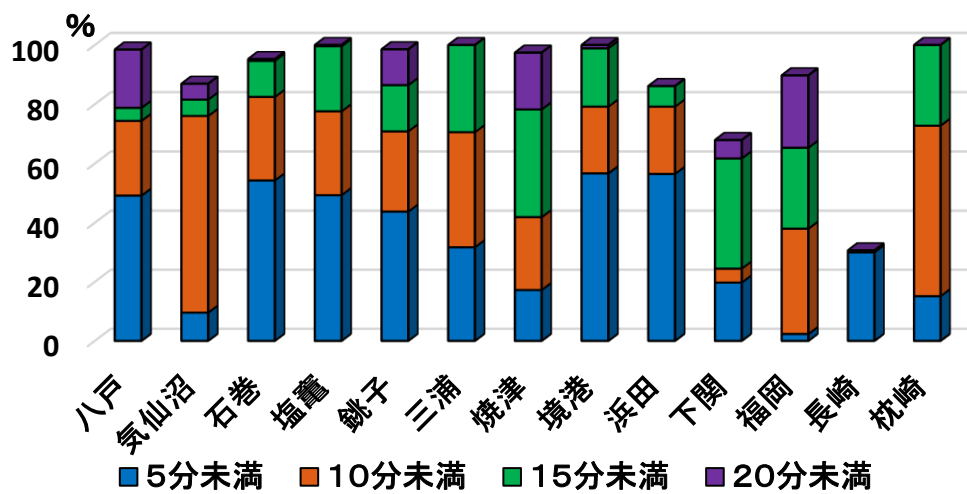


図 3-45 蒸気エネルギーの集積状況

### 3-8-3 漁港周辺地区の電力エネルギーの状況

車で5分以内の漁港周辺地区の電力エネルギーの用途別状況を、水産都市別に分類すると、図 3-46 のように4つのグループに分類できる。

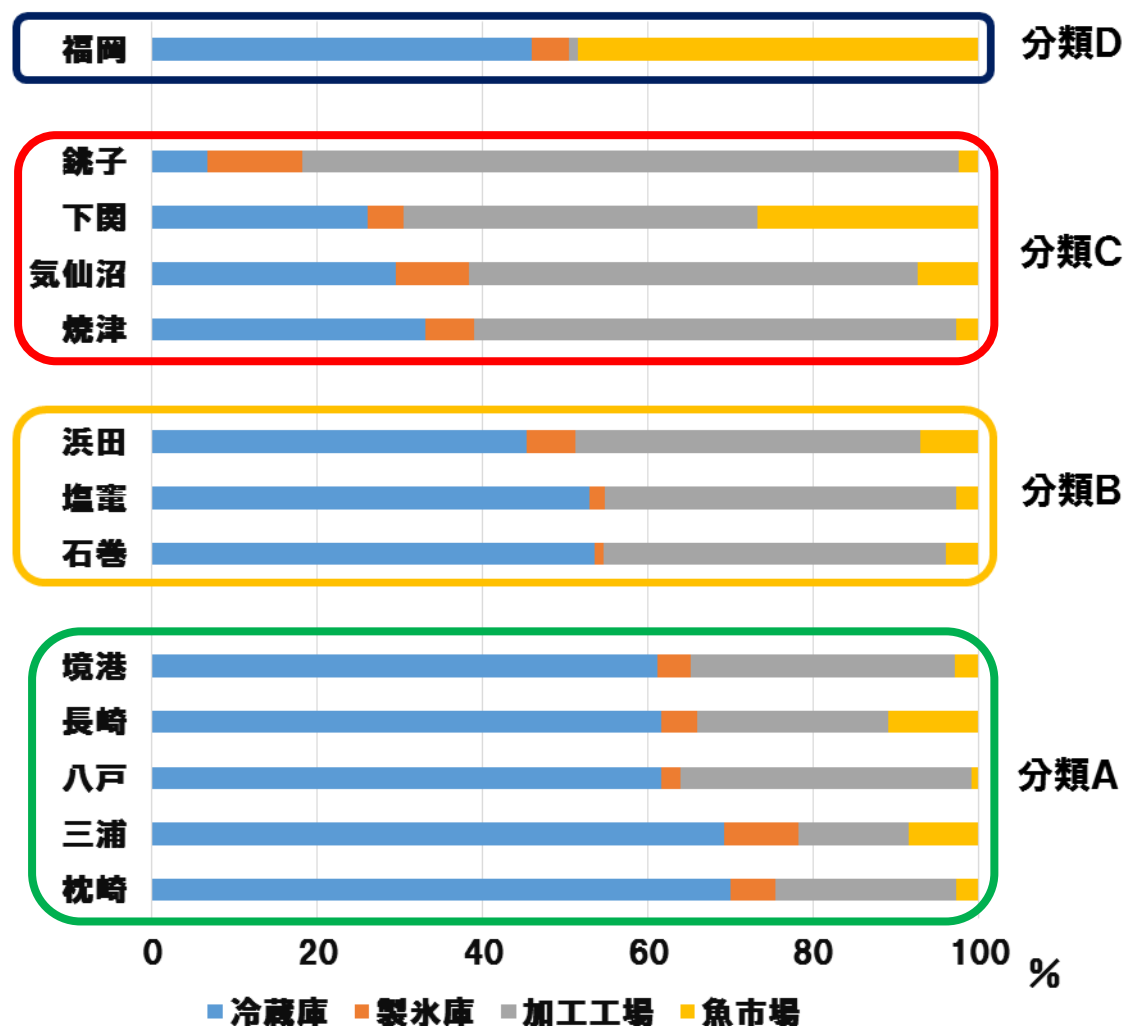


図 3-46 電力エネルギーの消費内訳による分類

分類Aから枕崎、分類Bから浜田、分類Cから下関、分類Dから福岡を選び、電力の時刻別変化を示すと、図 3-47～図 3-50 のようになる。

本研究では、冷凍冷蔵庫は夜間にできるだけ稼働させるため、分類Aでは昼間よりも夜間の電力消費量が増える。また、分類Cでは水産加工の割合が高く、昼間の電力消費量はかなり大きくなる。分類Bはその中間で、昼間の電力消費量が少し大きくなる。分類Dは魚市場の電力負荷パターンで、午前中の電力消費量が多い。



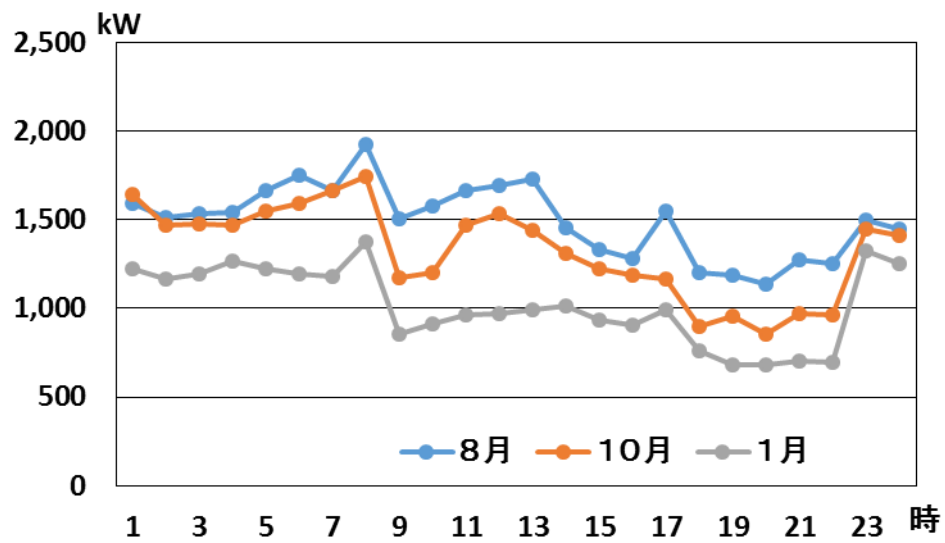


図 3-47 枕崎（分類A）の電力負荷パターン（計算結果）

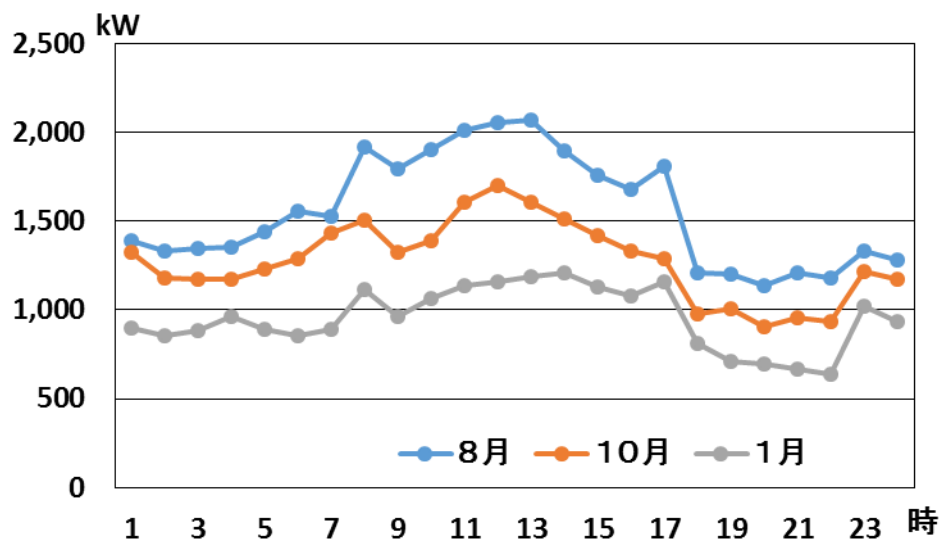


図 3-48 浜田（分類B）の電力負荷パターン（計算結果）

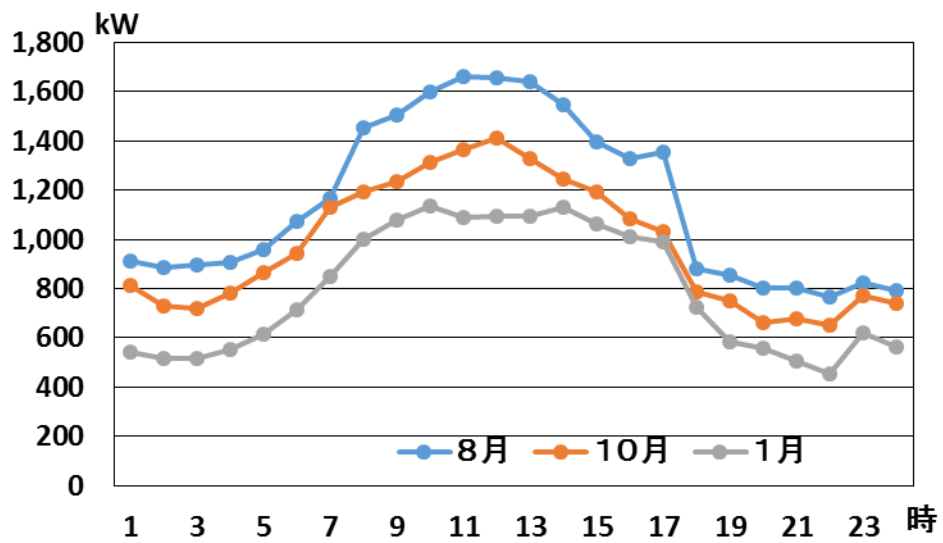


図 3-49 下関（分類C）の電力負荷パターン（計算結果）

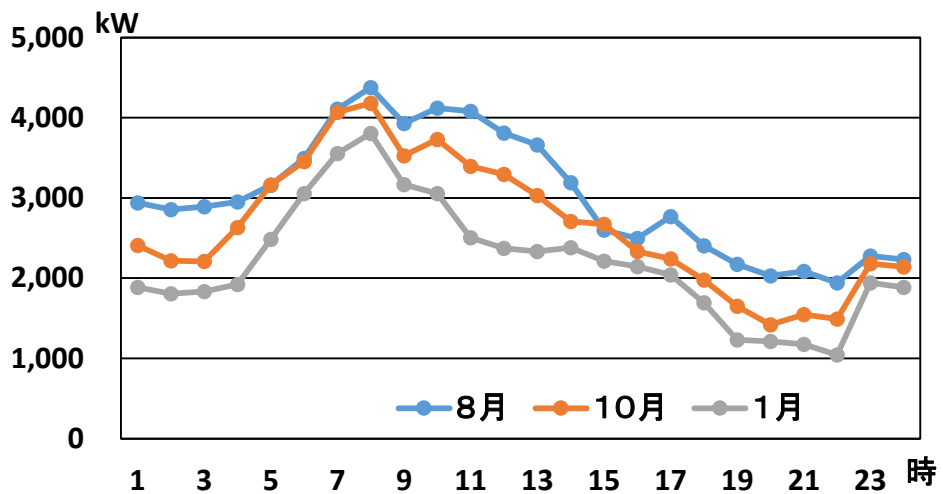


図 3-50 福岡の電力負荷パターン（計算結果）

### 3-9 まとめ

実データと統計・文献調査によるデータとを組合せて、水産都市のエネルギーデータについて推定した。それらのデータを集計して、エネルギー量や集積状況の分析を行った。その結果、水産都市ごとに違いがあることがわかり、一般的にどのようなことが言えるのか、ということを定量的に求めることは難しい、というのが結論である。

水産都市は漁港を中心としてまちづくりが行われ、魚市場に隣接して製氷庫や冷凍冷蔵庫が造られ、その背後地に水産加工工場が集積するという形で発展してきた。まちの発達とともに、漁港・魚市場の移転（焼津、境港、長崎）や分散（八戸・気仙沼・銚子・焼津・下関・枕崎）、水産加工団地の建設等が行われ、さらには、主要魚種や加工方法の違いにより、エネルギー原単位や集積状況の違いを生じていると考えられる。

このような中で、バラツキは大きいものの、漁港周辺地区には比較的エネルギーが集積していることが共通的に言え、さらには非常時にも電力供給を必要とする魚市場、製氷庫、冷凍冷蔵庫が集積していることから、第4章及び第5章については、魚市場から車で5分以内の地区に限定して、研究を進めることとした。

### 第3章の参考文献

- 1) 全国冷蔵倉庫一覧、(社)日本冷蔵倉庫協会、2011.12
- 2) 日本冷蔵倉庫協会(含 日本冷凍事業協会)会員名簿、(一社)日本冷蔵倉庫協会、2014. 3
- 3) 博士論文・地域分散型トータルエネルギー供給システムに関する基礎的研究、早稲田大学大学院理工学研究科・建設工学専攻・都市環境研究・柳澤聡子、2003. 3
- 4) 経済産業省ホームページ・石油等消費構造統計(2001年版) :  
<http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/sekiyuko/index.html>
- 5) 経済産業省ホームページ・工業統計調査(2001年版) :  
<http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/kougyo/library/index.html>
- 6) 工場ガイド(第3版)、データフォーラム、2007~2012
- 7) 横田英靖・佐土原聡・吉田聡、水産都市における環境・防災を考慮したエネルギーシステムに関する研究 第2報 水産加工業におけるエネルギー調査・分析と事例研究、2015年度日本建築学会大会梗概集、2015. 9





## 第4章

# 水産都市へのコージェネレーションシステム 導入に関する研究



## 第4章 水産都市へのコージェネレーションシステム導入に関する研究

### 4-1 はじめに

本研究は、水産都市ではコージェネレーションシステムの導入が平常時でも非常時でも有効であるという仮説に基づき、データ収集や分析を行ってきた。これらをベースに、非常時の電力確保の視点から、自営線を設置して電力を供給することを考え、また、多くの水産都市では都市ガスの中圧ガス配管がないことから、LNGローリー車で液化天然ガスを輸送し気化する、「LNGサテライト供給」を前提に検討する。さらに、売電対象の需要が未知であることから、対象地区内への電力供給に限定して「電主熱従運転」を行い、コージェネレーションシステムの導入可能性について研究する。

### 4-2 研究対象

既存のエネルギー集積状況から、魚市場・製氷庫・冷凍冷蔵庫を中心として、周辺の水産加工工場も背後地に立地している、魚市場から車で5分以内の地区を研究対象とする。

表 4-1 魚市場周辺地区の電力・蒸気エネルギー

| 水産都市                  | 八戸      | 気仙沼     | 石巻      | 塩釜      | 銚子      | 三浦      | 焼津      |
|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 魚市場電力 MWh             | 485     | 971     | 1,907   | 905     | 574     | 681     | 464     |
| 製氷庫電力 MWh             | 1,417   | 1,170   | 529     | 602     | 2,728   | 730     | 1,026   |
| 冷凍冷蔵庫電力 MWh           | 38,951  | 3,885   | 25,699  | 17,752  | 1,604   | 5,617   | 5,853   |
| 加工工場電力 MWh            | 22,249  | 7,141   | 19,813  | 14,206  | 18,901  | 1,082   | 10,315  |
| 電力合計 MWh              | 63,101  | 13,168  | 47,948  | 33,466  | 23,806  | 8,111   | 17,658  |
| 電力一次エネルギー GJ          | 615,869 | 128,519 | 467,975 | 326,631 | 232,347 | 79,161  | 172,338 |
| 発生蒸気 ton              | 31,820  | 3,336   | 20,664  | 13,247  | 14,969  | 769     | 22,579  |
| 必要ガス量千Nm <sup>3</sup> | 2,371   | 248     | 1,537   | 985     | 1,108   | 57      | 1,669   |
| ガス一次エネルギー GJ          | 106,678 | 11,173  | 69,161  | 44,346  | 49,867  | 2,560   | 75,110  |
| 一次エネルギー計 GJ           | 722,547 | 139,692 | 537,137 | 370,976 | 282,214 | 81,721  | 247,448 |
| 蒸気二次エネルギー① GJ         | 86,623  | 9,073   | 56,159  | 36,009  | 40,492  | 2,079   | 60,989  |
| 電力二次エネルギー② GJ         | 227,165 | 47,404  | 172,614 | 120,479 | 85,702  | 29,199  | 63,567  |
| 熱電比(=①/②)             | 0.381   | 0.191   | 0.325   | 0.299   | 0.472   | 0.071   | 0.959   |
| 水産都市                  | 境港      | 浜田      | 下関      | 福岡      | 長崎      | 枕崎      |         |
| 魚市場電力 MWh             | 801     | 716     | 2,035   | 10,605  | 3,232   | 280     |         |
| 製氷庫電力 MWh             | 1,203   | 599     | 334     | 529     | 1,271   | 593     |         |
| 冷凍冷蔵庫電力 MWh           | 17,752  | 4,610   | 1,993   | 10,136  | 18,355  | 7,486   |         |
| 加工工場電力 MWh            | 9,232   | 4,234   | 3,268   | 247     | 6,894   | 2,340   |         |
| 電力合計 MWh              | 28,988  | 10,158  | 7,630   | 21,517  | 29,752  | 10,700  |         |
| 電力一次エネルギー GJ          | 282,923 | 99,145  | 74,467  | 210,007 | 290,377 | 104,427 |         |
| 発生蒸気 ton              | 25,686  | 3,399   | 3,768   | 132     | 5,173   | 5,277   |         |
| 必要ガス量千Nm <sup>3</sup> | 1,902   | 252     | 279     | 10      | 382     | 389     |         |
| ガス一次エネルギー GJ          | 85,593  | 11,322  | 12,533  | 439     | 17,193  | 17,520  |         |
| 一次エネルギー計 GJ           | 368,515 | 110,467 | 86,999  | 210,445 | 307,570 | 121,947 |         |
| 蒸気二次エネルギー① GJ         | 69,501  | 9,193   | 10,177  | 356     | 13,961  | 14,226  |         |
| 電力二次エネルギー② GJ         | 104,357 | 36,570  | 27,467  | 77,461  | 107,106 | 38,518  |         |
| 熱電比(=①/②)             | 0.666   | 0.251   | 0.370   | 0.005   | 0.130   | 0.369   |         |

第3章での調査研究に基づき、対象地区の電力・蒸気エネルギーや熱電比（＝蒸気の二次エネルギー換算値/電力の二次エネルギー換算値）をまとめると、表4-1のようになる。なお、蒸気ボイラの効率を90%、ガスの低位発熱量を40.6MJ/Nm<sup>3</sup>、電力一次エネルギー換算係数：9.76GJ/MWh、電力二次エネルギー換算係数：3.6GJ/MWh、ガス一次エネルギー換算係数：45MJ/Nm<sup>3</sup>（高位発熱量）、蒸気二次エネルギー換算係数：（飽和蒸気と給水の比エンタルピー差）（GJ/t）として計算した。

### 4-3 エネルギーシステム

#### 4-3-1 概要

本研究のエネルギーシステムの概要を図4-1に示す。

対象地区では電力需要が多く、ガスエンジン・コージェネレーションを前提にシステムを多くの水産都市の対象地区については、都市ガスの中圧ガス管がないことから、LNGローリー車で液化天然ガスを輸送し、対象地区のエネルギーセンターで気化して、ガスエンジンに燃料として供給する。蒸気は直接蒸気として、水産加工用に利用する。また、温水は洗浄用等水産加工用に利用されるが用途や消費量が未知であるので、本研究では参考数値として取り扱う。さらに、本研究では、温水を廃熱ボイラの給水として用いる。温水温度は80℃を仮定する。

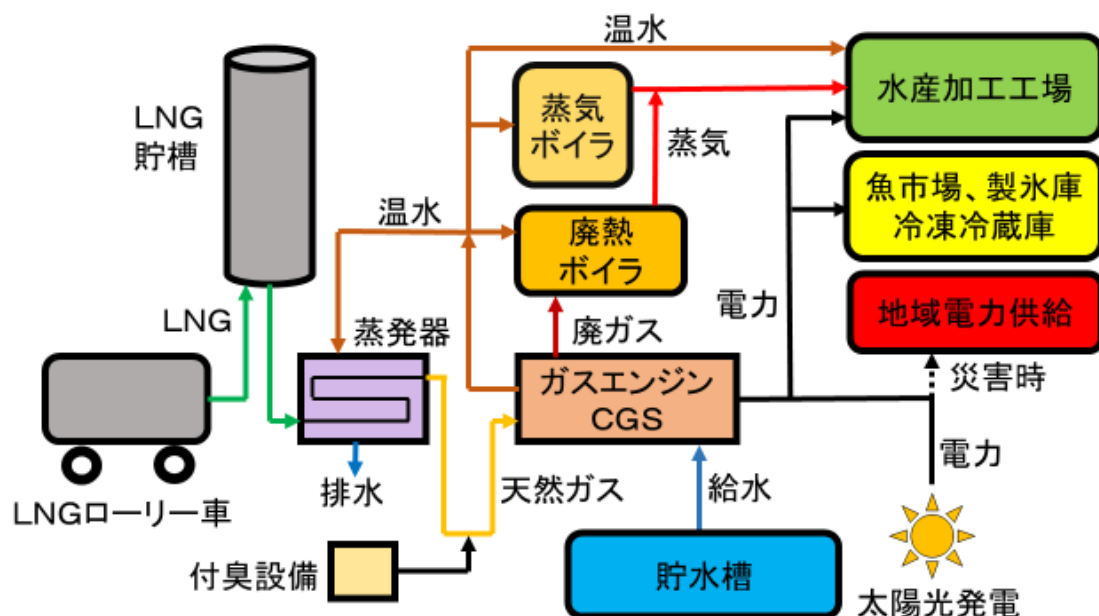


図4-1 エネルギーシステムの概要

#### 4-3-2 コージェネレーションシステムの選定

コージェネレーションシステムの原動機は発電効率が良く実績のあるガスエンジンを仮定し、表 4-3 に示す 1,000kW 級を複数基設置する。ここでは全国を同一条件で比較するため、50Hz を仮定して発電容量を決める。さらに、表 4-3 に示す定格能力における各効率を前提に計算を行う。なお、廃熱温水は 80℃と仮定し、給水予熱分は廃熱ボイラ及び蒸気ボイラの効率アップ分として見込む。

表 4-3 ガスエンジン・コージェネレーションの効率

| 各効率      | 定格値  |
|----------|------|
| 発電効率 %   | 42.3 |
| 蒸気回収効率 % | 17.3 |
| 温水回収効率 % | 18.9 |
| 総合効率 %   | 78.5 |

また、各水産都市の電力ピーク期の最大電力に合わせて、コージェネレーションシステムの基数を定める。

#### 4-4 コージェネレーションシステム導入時の環境性評価

##### 4-4-1 計算手順

- (1) 水産加工工場の稼働時間に合わせて、8 時～17 時にコージェネレーションを稼働させる。この間の時刻別電力需要に合わせて、コージェネレーションによる蒸気回収量を月別時刻別に求める。不足蒸気は既存蒸気ボイラより供給する。ただし、水産都市によっては熱が余る場合もあり、その時間帯は熱が余らないようにするため、熱主電従運転とし、必要蒸気量から発電電力量を計算する。不足電力量は買電で補う。
- (2) コージェネレーションを稼働しない休日・夜間等の時間帯も含めて、月別時刻別に買電の電力量を求める。
- (3) 同様に、蒸気ボイラの発生蒸気量を月別時刻別に求める。
- (4) 廃熱温水量から廃熱ボイラ及び既存蒸気ボイラの給水予熱温水量を差引き、残りの温水量を求める。
- (5) 以上は 1 日の時刻別計算であり、これより月別数値を求める。
- (6) 月別のコージェネレーションの発電量より、必要ガス量を求める。また、月別の廃熱蒸気量より、既存ボイラの削減ガス量を求める。この際、ボイラの給水予熱分を考慮する。

(7) 温水まで考慮する時には、効率 90%の温水ボイラを仮定し、残りの温水の削減ガス量や一次エネルギー換算値を求める。

(8) 省エネ率は、下記の式で求める。

$$R_1 = (E_2 + S_2 + H_2 - C) / (E_1 + S_1 + H_1) \times 100 \quad (4-1)$$

$R_1$  : 省エネ率 (%)

$E_1$  : コージェネレーション導入前の電力消費一次エネルギー換算値 (GJ)

$S_1$  : コージェネレーション導入前の蒸気ボイラガス消費一次エネルギー換算値 (GJ)

$H_1$  : コージェネレーション導入前の温水ボイラガス消費一次エネルギー換算値 (GJ)

$E_2$  : コージェネレーションの発電に伴う電力削減一次エネルギー換算値 (GJ)

$S_2$  : コージェネ廃熱蒸気に伴う蒸気ボイラガス消費削減一次エネルギー換算値 (GJ)

$H_2$  : コージェネ廃熱温水に伴う温水ボイラガス消費削減一次エネルギー換算値 (GJ)

$C_1$  : コージェネレーション稼働に伴うガス消費一次エネルギー換算値 (GJ)

ここで、温水を考慮しない場合は、 $H_1 = H_2 = 0$  であるので、次のようになる。

$$R_1 = (E_2 + S_2 - C_1) / (E_1 + S_1) \times 100 \quad (4-2)$$

(9) CO<sub>2</sub>削減率は、下記の式で求める。

電力の CO<sub>2</sub> 原単位は沖縄電力を除く 9 電力平均値 (環境省 28 年度実排出係数) である 0.000518 tCO<sub>2</sub>/kWh を、ガスの CO<sub>2</sub> 原単位は 2.29 tCO<sub>2</sub>/千 Nm<sup>3</sup> を用いた。

$$R_2 = (E_4 + S_4 + H_4 - C_2) / (E_3 + S_3 + H_3) \times 100 \quad (4-3)$$

$R_2$  : CO<sub>2</sub>削減率 (%)

$E_3$  : コージェネレーション導入前の電力消費 CO<sub>2</sub> 発生量 (t)

$S_3$  : コージェネレーション導入前の蒸気ボイラガス消費 CO<sub>2</sub> 発生量 (t)

$H_3$  : コージェネレーション導入前の温水ボイラガス消費 CO<sub>2</sub> 発生量 (t)

$E_4$  : コージェネレーションの発電に伴う電力削減相当 CO<sub>2</sub> 発生量 (t)

$S_4$  : コージェネ廃熱蒸気に伴う蒸気ボイラガス削減相当 CO<sub>2</sub> 発生量 (t)

$H_4$  : コージェネ廃熱温水に伴う温水ボイラガス削減相当 CO<sub>2</sub> 発生量 (t)

$C_2$  : コージェネレーション稼働に伴うガス消費 CO<sub>2</sub> 発生量 (t)

ここで、温水を考慮しない場合は、同様に  $H_3 = H_4 = 0$  であるので、次のようになる。

$$R_2 = (E_4 + S_4 - C_2) / (E_3 + S_3) \times 100 \quad (4-4)$$



#### 4-4-2 対象地区にコージェネレーションシステムを導入した場合の環境性評価

対象地区にコージェネレーションシステムを導入した場合の省エネ率と CO<sub>2</sub> 削減率を水産都市別に計算した結果は、表 4-4 になる。

また、温水を考慮しない場合の熱電比と省エネ率との関係を図示すると、図 4-2 のようになる。

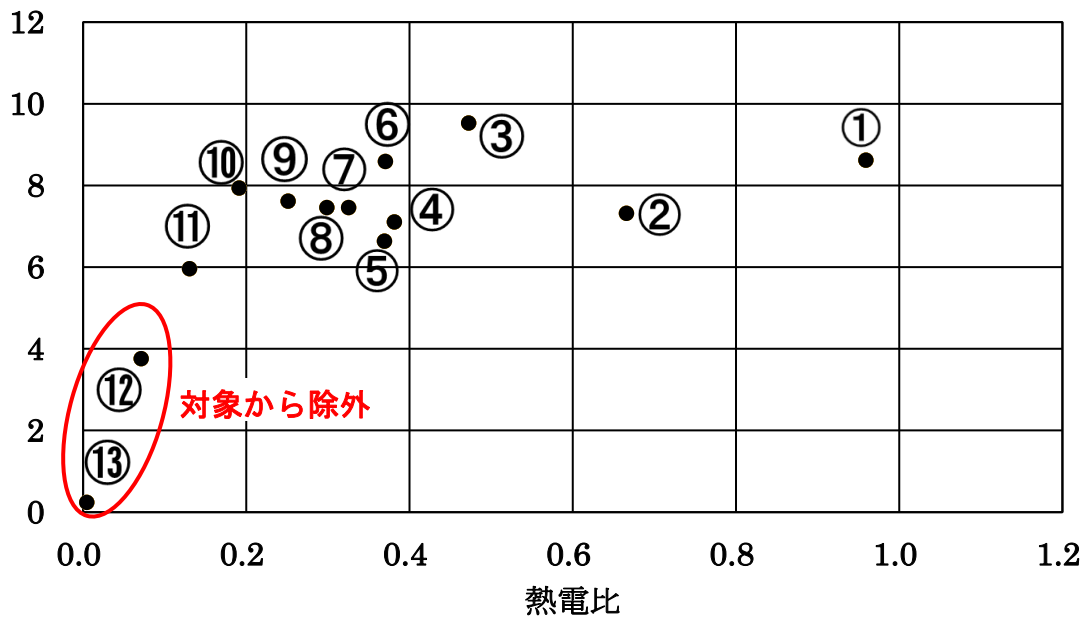
以上の結果、次のようなことがわかった。

- (1) 水産都市へのコージェネレーションシステム導入を仮説としてたてたが、漁港周辺に水産加工施設が少ない三浦及び福岡については、熱電比も省エネ率も小さく、対象都市として除外する。その他の水産都市については省エネ性があり、コージェネレーションシステム導入は効果的である。
- (2) 熱電比と省エネ率との関係は、バラつきが大きい。水産加工工場の他に電力エネルギーを使用する魚市場、製氷庫、冷凍冷蔵庫があることによるものであると考えられる。

表 4-4 コージェネレーションシステム導入時の環境性評価

| 水産都市                       | 八戸      | 気仙沼     | 石巻      | 塩釜      | 銚子      | 三浦      | 焼津      |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 最大電力 kW                    | 12,741  | 3,340   | 9,723   | 6,762   | 5,719   | 1,757   | 3,970   |
| CGS容量 kW・基数                | 1000×13 | 1000×4  | 1000×10 | 1000×7  | 1000×6  | 1000×2  | 1000×4  |
| 一次エネルギー計 GJ                | 722,547 | 139,692 | 537,137 | 370,976 | 282,214 | 81,721  | 247,448 |
| 熱電比                        | 0.381   | 0.191   | 0.325   | 0.299   | 0.472   | 0.071   | 0.959   |
| CGS削減電力 GJ                 | 183,173 | 45,293  | 150,138 | 105,156 | 100,027 | 15,291  | 63,695  |
| CGS蒸気削減ガス GJ               | 45,238  | 9,567   | 35,056  | 24,137  | 23,537  | 2,560   | 19,199  |
| CGS消費ガス GJ                 | 177,036 | 43,776  | 145,107 | 101,633 | 96,675  | 14,779  | 61,561  |
| CGS削減エネルギー GJ              | 51,376  | 11,084  | 40,087  | 27,660  | 26,889  | 3,072   | 21,333  |
| CGS導入時省エネ率 %               | 7.11    | 7.93    | 7.46    | 7.46    | 9.53    | 3.76    | 8.62    |
| CO <sub>2</sub> 削減率 %      | 7.91    | 8.97    | 8.35    | 8.36    | 10.67   | 4.38    | 9.44    |
| 温水活用時省エネ率 %                | 10.70   | 13.68   | 11.80   | 11.97   | 14.97   | 7.25    | 10.87   |
| 温水活用時CO <sub>2</sub> 削減率 % | 11.38   | 14.50   | 12.53   | 12.71   | 15.92   | 7.73    | 11.63   |
| 水産都市                       | 境港      | 浜田      | 下関      | 福岡      | 長崎      | 枕崎      |         |
| 最大電力 kW                    | 5,623   | 2,072   | 1,664   | 4,380   | 5,483   | 1,925   |         |
| CGS容量 kW・基数                | 1000×6  | 1000×3  | 1000×2  | 1000×5  | 1000×6  | 1000×2  |         |
| 一次エネルギー計 GJ                | 368,515 | 110,467 | 86,999  | 210,445 | 307,570 | 121,947 |         |
| 熱電比                        | 0.666   | 0.251   | 0.370   | 0.005   | 0.130   | 0.369   |         |
| CGS削減電力 GJ                 | 84,075  | 33,235  | 28,487  | 2,132   | 76,092  | 28,441  |         |
| CGS蒸気削減ガス GJ               | 24,147  | 7,299   | 6,519   | 439     | 15,788  | 7,141   |         |
| CGS使用ガス GJ                 | 81,258  | 32,121  | 27,533  | 2,060   | 73,543  | 27,488  |         |
| CGS削減エネルギー GJ              | 26,964  | 8,412   | 7,473   | 510     | 18,338  | 8,094   |         |
| CGS導入時省エネ率 %               | 7.32    | 7.62    | 8.59    | 0.24    | 5.96    | 6.64    |         |
| CO <sub>2</sub> 削減率 %      | 8.03    | 8.58    | 9.64    | 0.27    | 6.75    | 7.37    |         |
| 温水活用時省エネ率 %                | 9.63    | 12.70   | 13.83   | 0.43    | 10.43   | 9.99    |         |
| 温水活用時CO <sub>2</sub> 削減率 % | 10.27   | 13.48   | 14.69   | 0.45    | 11.05   | 10.60   |         |

省エネ率%



①焼津 ②境港 ③銚子 ④八戸 ⑤枕崎 ⑥下関 ⑦石巻  
⑧塩釜 ⑨浜田 ⑩気仙沼 ⑪長崎 ⑫三浦 ⑬福岡

図 4-2 熱電比と省エネ率

#### 4-5 コージェネレーションシステムの理論効率と本研究との相違に関する考察

##### 4-5-1 コージェネレーションシステムの理論効率に関する既往研究

「民生用コージェネレーションの省エネルギー性に関する理論研究」<sup>3)</sup>によれば、電主熱従の場合、下記の理論式より省エネ率が求まる。

( $\sigma < \eta_a \cdot \eta_b / \eta_e$  の場合：不足電力を買電)

$$r_1 = 1 - \eta_b \cdot \eta_f \cdot (\eta_a \cdot \eta_h - \sigma \cdot (\eta_e - \eta_p)) / (\eta_a \cdot \eta_h \cdot (\eta_b \cdot \eta_f + \sigma \cdot \eta_p)) \quad (4-5)$$

( $\sigma > \eta_a \cdot \eta_b / \eta_e$  の場合：不足熱をボイラより供給)

$$r_2 = 1 - \eta_p \cdot (\eta_b \cdot \eta_f + \sigma \cdot \eta_e - \eta_a \cdot \eta_h) / (\eta_e \cdot (\eta_b \cdot \eta_f + \sigma \cdot \eta_p)) \quad (4-6)$$

$\sigma$  : 熱電比

$\eta_e$  : コージェネレーションシステム発電効率 (高位発熱量基準)

$\eta_h$  : コージェネレーションシステム熱発生効率 (高位発熱量基準)

$\eta_b$  : 蒸気ボイラ熱効率 (高位発熱量基準)

$\eta_a$  : コージェネレーションシステムによる発生熱の有効利用率 (= 1 とする)

$\eta_f$  : ボイラ発生熱の有効利用率 (= 1 とする)

#### 4-5-2 本研究との比較

理論式による省エネ率と、実際の省エネ率を図示すると、図 4-3 のようになる。

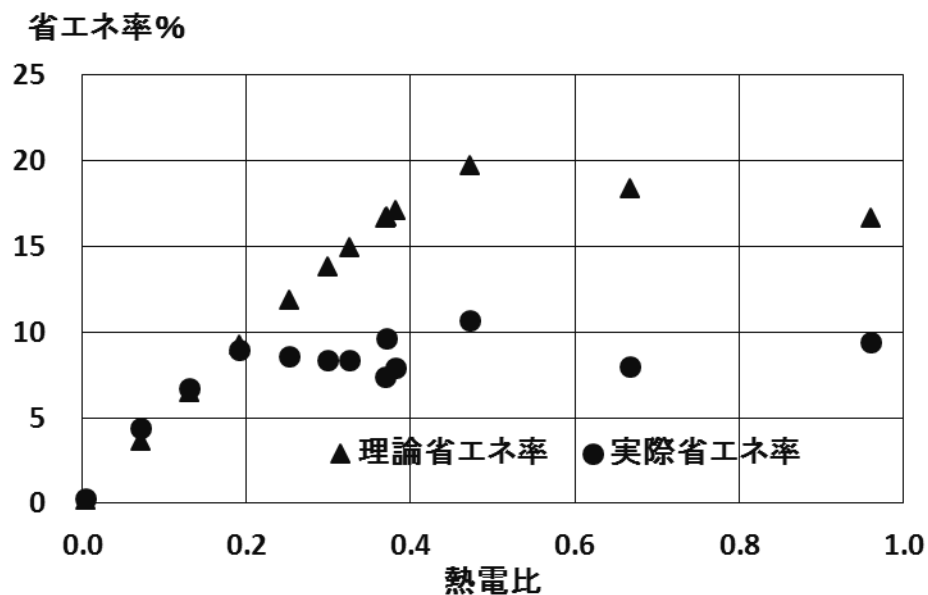


図 4-3 理論省エネ率との比較

本研究では、蒸気を使用する水産加工施設の他、電気需要のみの魚市場、製氷庫、冷凍冷蔵庫があり、熱と電気のバランスが崩れており、理論と実際の乖離を生じているものと考えられる。

#### 4-6 集積と水産都市全体の環境性との関係

第3章で分析を行ったように、水産都市においては、魚市場から比較的近い場所に製氷庫が建設され、その背後地に冷凍冷蔵庫や水産加工工場が集積している事例が多い。一方、これまでの水産都市の変遷から必ずしも背後地ではなく、分散して水産加工工場等が建設されている例も少なくない。

そこで、水産都市全体の環境性を考えた場合、集積と分散とどちらの方がよいのか、コージェネレーションシステムの導入を前提として、枕崎を例にとり考察する。

車で10分以上かかる地区は現状のままとし、10分未満の製氷庫、冷凍冷蔵庫、水産加工工場を魚市場周辺の5分以内の地区に集積する場合と、現状との比較を行う。

現状と集積変更後のコージェネレーションシステム導入の計算結果を表4-5に示す。

表 4-5 集積変更後のコージェネレーション導入

|              | 現状      | 集積変更後   |
|--------------|---------|---------|
| 最大電力kW       | 1,925   | 2,815   |
| CGS容量kW・基数   | 1000×2  | 1000×3  |
| 現状一次エネルギー計GJ | 121,947 | 232,482 |
| 熱電比          | 0.369   | 1.253   |
| CGS削減電力GJ    | 28,441  | 46,831  |
| CGS蒸気削減ガスGJ  | 7,141   | 16,641  |
| CGS使用ガスGJ    | 27,488  | 45,262  |
| CGS削減エネルギーGJ | 8,094   | 18,210  |
| CGS導入時省エネ率%  | 6.64    | 7.83    |

これに基づき、枕崎市全体のエネルギーの集積状況をまとめると、表4-6のようになる。

表 4-6 集積変更後の都市全体での省エネ率の比較

| 集積地域  | 現状でのCGS導入 |         | 集積変更後   |         |
|-------|-----------|---------|---------|---------|
|       | 現状        | CGS導入   | 集積変更    | CGS導入   |
| 5分未満  | 123,605   | 115,511 | 238,037 | 219,827 |
| 10分未満 | 114,432   | 114,432 | 0       | 0       |
| 15分未満 | 87,666    | 87,666  | 87,666  | 87,666  |
| 20分未満 | 0         | 0       | 0       | 0       |
| 全体    | 325,703   | 317,609 | 325,703 | 307,493 |
| 省エネ率  | 2.49%     |         | 5.59%   |         |

以上より、漁港周辺地区にできるだけ集積した方が、水産都市全体の環境性を考えた場合には効果的であることがわかる。

#### 4-7 まとめ

水産都市においてはコージェネレーションシステムの導入が有効である、という仮説をたてたが、三浦及び福岡は周辺に水産加工工場が少なく、熱電比及び省エネ率が小さいことから、コージェネレーションシステムの導入には適していないことがわかった。他の水産都市については、6.0～9.5%程度の省エネ性があり、有効であることがわかった。

また、本研究では、蒸気を使用する水産加工施設の他、電気需要のみの周辺施設があり、熱と電気のバランスが崩れており、理論と実際の乖離を生じていると考えられる。

さらに、コージェネレーションシステムの導入を前提に、製氷庫、冷凍冷蔵庫、水産加工工場を魚市場から車で 5 分以内の周辺地区に集積すると、水産都市全体の環境性も向上することがわかった。

#### 第4章の参考文献

- 1) (社) 日本エネルギー学会編、天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル 2008、日本工業出版、2008.4
- 2) 天然ガスコージェネレーション機器データ 2016、日本工業出版、2016.4
- 3) 市川徹、尾島俊雄、「民生用コージェネレーションの省エネルギー性に関する理論研究」、日本建築学会計画系論文報告集第 433 号、1992.3
- 4) Hidehiro Yokota, Satoru Sadohara, Satoshi Yoshida : Study on introduction of cogeneration system in the fishery processing complex, 14th International Symposium, pp.439-444, 2017.11, Asia Institute of Urban Environment



## 第 5 章

### 非常時の電力供給に関する研究



## 第5章 非常時の電力供給に関する研究

### 5-1 はじめに

東日本大震災では、津波災害に伴い、供給インフラ(電気・ガス・水道)の復旧が大幅に遅れ、特に本研究で対象とする水産都市の石巻や気仙沼においては、冷凍冷蔵倉庫の魚類が腐敗し、その処理に時間と多大な労力を要した。また、魚市場や漁船では鮮度維持のため氷が必要である。冷凍冷蔵庫や製氷庫は瞬時停電での問題は少ないが、3日間を超える停電では鮮度維持が難しくなるため、継続的な電力供給が必要とされる。復旧の遅れにより、従前の取引先を他の水産都市の事業者に変更せざるを得なくなり、従業員も他の地域や産業に移り、人手不足も余儀なくされた。一方、八戸第二魚市場は地形的に津波被害が少なく、上水道が供給され、受電設備の被害も最小であったこと等から、3月16日には市場を再開した。

また、東日本大震災においては、電力会社設備等が水没・損傷等により復旧に時間を要し、それが完全に解消できたのは4月18日であった。さらに、水産関連産業で不可欠な上水道においても、施設被害のない停電のみを原因とする断水戸数は全体の30%に上り、断水長期化の要因の一つとして停電の影響が大きかった。

受電設備も含む建物側被害の要素が一番大きいものの、災害時の復旧・復興において、電源の確保は重要な要素である。また、供給インフラの復旧では「多重防護策」の考え方が大切である。電源確保においてこれまで行われていた、非常用自家発電設備・可搬式簡易発電設備だけでは燃料確保や発電規模の点で不十分である。そこで、①LNGサテライト供給による燃料供給とコージェネレーションシステム、②魚市場屋上に設置の太陽光発電を対象とし、災害時の水産関連産業への継続的な電力及び蒸気供給を行い、地域の重要施設に供給できる電力量を定量的に求めることを目的として研究を行った。

### 5-2 水産都市における近年の地震津波災害と復興の状況

#### 5-2-1 近年の水産都市における地震津波災害

2000年10月6日に発生した、「鳥取県西部地震」(M7.3、震度6強)においては、境港漁港や水産加工工場・冷凍冷蔵庫が集積する昭和町工業団地・竹内団地等が被災した。液状化の影響が大きく、岸壁の一部陥没や、水産加工工場の建物や製造ラインへの影響を受けた。9日から出漁し、被災の影響が少ない岸壁を使用し、入港順や荷揚げ作業の工夫をしてカタクチイワやベニズワイガニ等の水揚げを再開した。特に、カタクチイワシについては地震発生月に大量水揚げされ、地震とイワシの水揚げの相関を裏付けるものとなった。また、境港市内の水産加工業の約1/3が大きな被害を受けたが、断水の復旧や製造ライン

等の仮修理を行い、比較的早期に再開をした。また、2005年3月20日に発生した、「福岡県西方沖地震」（M7.0、震度6弱）では、博多漁港の係留施設5か所で破損被害があったが、その影響は比較的少なかった。

## 5-2-2 東日本大震災における地震津波災害と復興の状況

東日本大震災においては、津波による水産関連施設の甚大な被害が生じた。また、電力・ガス・水道・通信等のインフラの被害も大きく、その後の復旧の遅れに伴い、水産関連産業においても、取引先変更や従業員の他地域や他産業への転出が見受けられた。

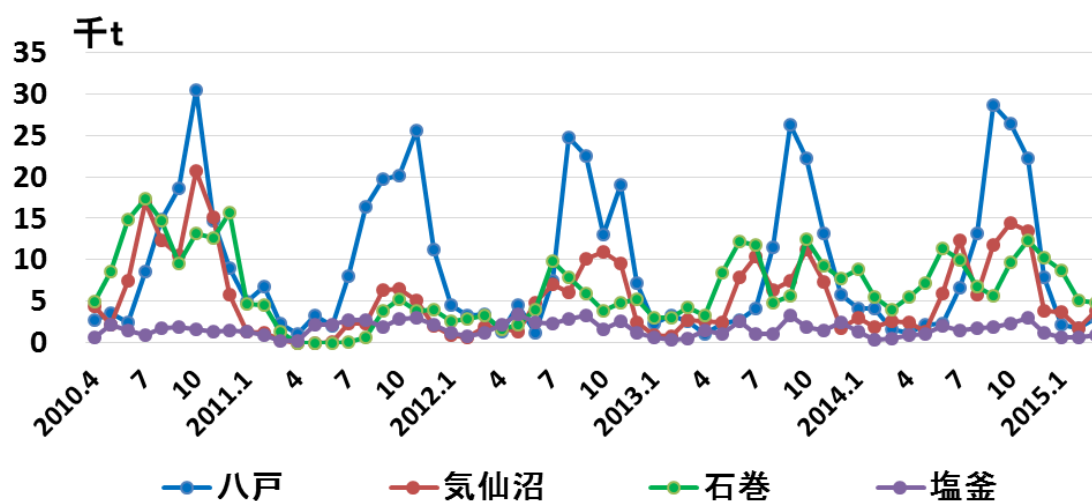


図 5-1 東北 4 漁港の水揚高の推移

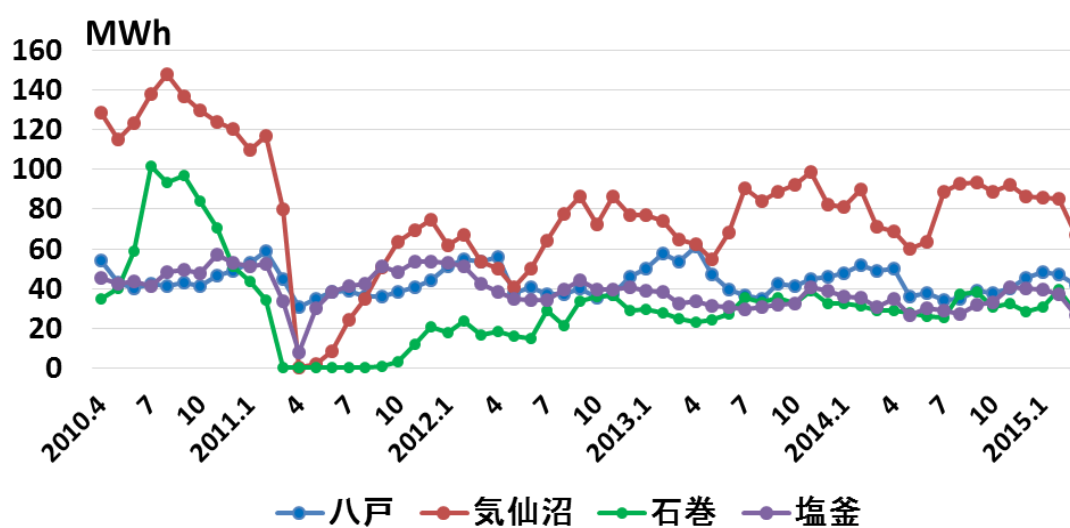


図 5-2 東北 4 漁港魚市場の電力消費量の推移

一方、東北地方の被災 4 漁港周辺の被害状況等の差異により、当面の間、他の漁港で水揚げを行う措置が講じられた。被災 4 漁港の水揚げ高及び電力消費量の推移を図 5-1 及び図 5-2 に示す。気仙沼及び石巻が復旧するまでは、被害の少なかった、塩釜及び八戸で水揚げを行ったものと考えられる。

このような中で、新たな高度衛生管理対応を施した魚市場の建設、製氷庫や冷凍冷蔵庫の建替、盛土を伴う水産関連施設の建設等の復旧工事が行われた。特に、水産加工工場について新たに建設する場合、HACCP 対応を伴うものも見受けられた。また、水産加工製品や取引先等の変更等、産業そのものの見直しが進められている。

### 5-3 水産都市における津波防災対策

#### 5-3-1 フィールド調査結果

想定される津波高さもまちまちであることや、被災水産都市でも基本的な考え方に差異があることから、フィールド調査の結果、水産都市により取組みもまちまちであることがわかった（図 5-3～図 5-8）。



図 5-3 築山（10m）（焼津、2012. 9）



図 5-4 緊急退避施設（焼津、2012. 9）



図 5-5 防潮堤（気仙沼、2015. 11）



図 5-6 ヘリポート（気仙沼、2015. 11）



図 5-7 津波避難ビル（気仙沼、2015. 11）



図 5-8 津波浸水高表示（八戸、2015. 11）

漁港近くに防災建物が指定されていても、想定外の津波が到来した場合大丈夫なのか、収容人員や一時的とはいえ避難先としての準備が整っているのか等、今後の課題は多々あると考えられる。地形的に高台避難が可能な場所と、平地が広がっていて高台避難が困難な場所等様々である。水産都市の自治体等による更なる防災対策が期待される。

### 5-3-2 津波防災を考慮した冷凍冷蔵倉庫の事例

東日本大震災後に建設された、女川の冷凍冷蔵倉庫の事例<sup>7)</sup>を図 5-9 に示す。

施設は、レベル 1 津波（100 年に 1 回程度の発生回数を想定したレベルの津波）に耐えることができる。津波の圧力から建物を守るため、津波を受けた 1 階の外壁が外れ、津波の力を受け流すという新構造システムの採用が画期的である。

2 階の床レベルを 8.5m とすべく長い柱を 1 階に並べ、1 階をピロティ形式とした。1 階柱の鉄骨を鉄筋コンクリートで覆い、津波対流物の衝撃にも対抗できる強固な構造を確保したこと、さらには地盤表土がえぐられた場合でも転倒しないよう杭を通常よりも深く打ち込むことにより、2 階以上に置く冷蔵庫などの主要設備が高さ 6m の津波でも浸水から免れる性能を実現した。

また、施設の避難性も重視。建物内の避難の避難ルートを日常動線と一致させ、迅速な屋外避難を確保した。このほか被災直後の復旧活動も想定しており、復旧に欠かせない設備や物資置き場を最上階に集めた。具体的には飲料水用タンク（容量 6 トン）、電気設備室、備蓄倉庫、居室（20 人～30 人用）を最上階に配置した。



図 5-9 津波対策用冷凍冷蔵庫（女川、2015. 11）





図 5-10 三浦バイオマスセンター(2012.8)



図 5-11 ガスエンジン発電設備 (2012. 8)

### 5-3-3 バイオマス発電を活用した地域防災

三浦市の三浦バイオマスセンターは、し尿浄化槽汚泥、公共下水道汚泥、農作収穫物残渣、水産物残渣を原料としてメタン発酵させ、それを燃料として、ガスエンジン及び温水ボイラを稼働している（図 5-10 及び図 5-11）。

高台に位置しており、周辺臨海地区の災害時避難施設として、地元住民と一緒に毎年防災訓練を行っている。規模は小さいものの、自家発電設備を利用して地域防災に活用されている。

### 5-4 LNGサテライト供給システム計画

LNGサテライト供給については、都市ガス配管が敷設されていない地域での天然ガス供給として有効であり、都市ガス製造所や生産工場での実績がある。また、東日本大震災では漁港周辺地域にある石巻ガスでの津波被害は甚大であったが、LNG貯槽は健全であり、LNG気化器は他ガス会社からの貸与、LNGローリー車からの臨時供給により、復旧ができた。LNGサテライト供給は自立して燃料貯蔵ができる方式であり、ローリー車の他、鉄道や海上輸送の実績もある。

なお、コージェネレーションシステムへの都市ガス供給では中圧が必要とされるが、対象水産都市においては、福岡以外は都市ガスの供給がなされていない、もしくは供給されていても中圧供給できる製造・供給能力が現状では不足していると考えられる。従って、本研究におけるコージェネレーションシステム稼働のためには、LNGサテライト供給が都市ガスの代替として必要である。

LNGサテライト供給はローリー車でLNGを基地から運搬し、LNG貯槽に貯蔵する。需要に応じて温水式蒸発器で気化し、付臭剤を添加して供給する方式である。LNG1tonから1,220Nm<sup>3</sup>のガスが製造でき、LNG1kLは0.46tonに相当する。ここで、本研究では、災

害時に最大電力で7日間電力供給できる備蓄量と、平常ピーク時に使用する電力量を3日間供給できる使用量を合わせて、LNG貯槽の容量を求める。また、蒸発器の容量は最大電力から求める。温水式の場合の温水消費量は、LNG蒸発器1.0ton/hの場合、温水使用量691MJ/hに相当する。なお、温水はコージェネレーションシステムの廃熱温水を利用する。

以上より算出した結果を表 5-1 に示す。LNGサテライト供給はコージェネレーションシステムと合わせたシステムであることから、三浦及び福岡は除外した。

表 5-1 LNGサテライト供給設備仕様

| 水産都市            | 八戸      | 気仙沼    | 石巻      | 塩釜      | 銚子     | 焼津     |
|-----------------|---------|--------|---------|---------|--------|--------|
| 最大電力 kW         | 12,741  | 3,340  | 9,723   | 6,762   | 5,719  | 3,970  |
| 災害時用備蓄量 kL      | 835     | 219    | 637     | 443     | 375    | 260    |
| ピーク時1日電力消費量 kWh | 246,281 | 50,082 | 187,300 | 131,012 | 89,353 | 67,167 |
| ピーク時3日LNG消費量 kL | 288     | 59     | 219     | 153     | 105    | 79     |
| LNG貯槽容量 kL      | 1,123   | 278    | 857     | 597     | 479    | 339    |
| 蒸発器能力 t/h       | 2.29    | 0.60   | 1.74    | 1.21    | 1.03   | 0.71   |
| 温水消費量 MJ/h      | 1,580   | 414    | 1,206   | 839     | 709    | 492    |
| 水産都市            | 境港      | 浜田     | 下関      | 長崎      | 枕崎     |        |
| 最大電力 kW         | 5,623   | 2,072  | 1,664   | 5,483   | 1,925  |        |
| 災害時用備蓄量 kL      | 369     | 136    | 109     | 359     | 126    |        |
| ピーク時1日電力消費量 kWh | 134,952 | 49,728 | 39,936  | 134,832 | 46,200 |        |
| ピーク時3日LNG消費量 kL | 158     | 58     | 47      | 158     | 54     |        |
| LNG貯槽容量 kL      | 527     | 194    | 156     | 517     | 180    |        |
| 蒸発器能力 t/h       | 1.01    | 0.37   | 0.30    | 0.98    | 0.35   |        |
| 温水消費量 MJ/h      | 697     | 257    | 206     | 680     | 239    |        |

#### 5-5 魚市場屋上への太陽光発電システム導入計画

石巻魚市場の屋根には 250W/枚(日射量が 1,000W/m<sup>2</sup>の時)の太陽光発電パネルが 2,200 枚設置され、550kW の発電能力を有しており、充放電電力が最大 500kW の蓄電池と組合せて使用されている。石巻魚市場の月別の発電量等を図示すると、図 5-12 のようになる。

本研究では、石巻魚市場の実績データを基に、魚市場の荷捌き場の屋根面積から比例的にパネル枚数を求めた。また、石巻魚市場の月別1日当り発電量と、NEDO の日射量データベースにおける水平面における月別平均日射量 との回帰分析により、次式を得る。

$$P_D = 512.7 \times S_D + 58.28 \quad (5-1)$$

$P_D$  : 1日当りの太陽光発電量(kWh/日)

$S_D$  : 1日当りの単位面積日射量(kWh/m<sup>2</sup>・日)

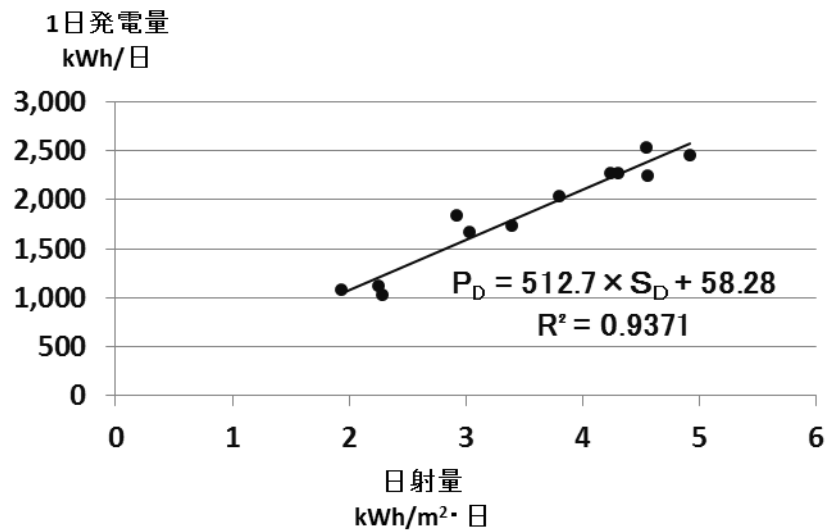


図 5-12 石巻の日射量と 1 日当りの発電量

各水産都市の年間平均日射量と石巻における年間平均 1 日当り発電量から、比例的に各水産都市における年間平均 1 日当り発電量を求めた。石巻のパネル 1 枚は、日射量  $1\text{kWh/m}^2$  の時に発電容量が  $250\text{W}$  であるので、各水産都市におけるパネル 1 枚の発電容量が、年間平均 1 日当り発電量に比例するとして発電容量を算出した。

太陽光発電の発電能力は、パネル枚数と 1 枚当りの発電容量の積として計算できる。また、石巻魚市場の事例から蓄電池容量の 1 割増を太陽光発電能力としていることから、同様に他の水産都市の蓄電池容量を求めた。以上をまとめると、表 5-2 のようになる。

表 5-2 水産都市の太陽光発電仕様

| 水産都市                                    | 八戸     | 気仙沼    | 石巻     | 塩釜     | 銚子     | 三浦     | 焼津     |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 年間平均日射量 $\text{kWh/m}^2 \cdot \text{日}$ | 3.48   | 3.45   | 3.51   | 3.33   | 3.72   | 3.72   | 3.8    |
| パネル1枚当り発電能力 $\text{W/枚}$                | 235    | 233    | 250    | 225    | 252    | 252    | 257    |
| 市場屋根面積 $\text{m}^2$                     | 42,723 | 42,329 | 39,898 | 15,768 | 14,474 | 8,086  | 20,145 |
| パネル枚数                                   | 2,356  | 2,334  | 2,200  | 869    | 798    | 446    | 1,111  |
| 太陽光発電能力 $\text{kW}$                     | 554    | 544    | 550    | 195    | 201    | 112    | 286    |
| 蓄電池容量 $\text{kWh}$                      | 503    | 494    | 500    | 177    | 183    | 102    | 260    |
| 水産都市                                    | 境港     | 浜田     | 下関     | 福岡     | 長崎     | 枕崎     |        |
| 年間平均日射量 $\text{kWh/m}^2 \cdot \text{日}$ | 3.4    | 3.52   | 3.67   | 3.67   | 3.73   | 3.68   |        |
| パネル1枚当り発電能力 $\text{W/枚}$                | 229    | 238    | 248    | 248    | 252    | 249    |        |
| 市場屋根面積 $\text{m}^2$                     | 19,184 | 9,260  | 13,944 | 26,572 | 32,037 | 15,305 |        |
| パネル枚数                                   | 1,058  | 511    | 769    | 1,465  | 1,767  | 844    |        |
| 太陽光発電能力 $\text{kW}$                     | 243    | 121    | 191    | 364    | 446    | 210    |        |
| 蓄電池容量 $\text{kWh}$                      | 221    | 110    | 174    | 331    | 405    | 191    |        |

## 5-6 非常時の水産関連施設及び地域重要施設への電力供給に関する研究

### 5-6-1 エネルギー消費実態調査に基づく結果

災害時にも水産関連産業へ継続的に電力供給ができることを前提にし、地域の災害時重要施設等にどの程度の電力供給が可能かを定量的に求めた。本研究では、代表的なケースとして、水産関連産業の合成電力が最大のピーク月と、最小のオフピーク月について、災害時にコージェネレーションシステムを最大電力で稼働させ、水産関連産業で消費する電力を差引いて、地域に電力供給するという前提で供給電力を求めた。供給電力はコージェネレーションシステムの最大電力から月別・時刻別の合成電力を引いたものを1日分合計し、これに太陽光発電の1日分を加えて供給電力量を算出した。また、災害発生直後は、水産加工工場が休業することも想定され、水産加工工場の生産電力及び空調電力を差引いて月別・時刻別の合成電力を算出した上で、同様に供給電力量を求めた。なお、太陽光発電量はピーク月とオフピーク月の平均日射量から、水産都市別に算出した。

以上の計算結果を表5-3に示す。

表5-3より、ピーク月に平常時と同様な運転を継続できた場合の地域への電力供給割合は、合計発電量の20～39%、オフピーク月の場合、同48～66%、休業の場合は、ピーク月で34～66%、オフピーク月の場合、51～70%であることがわかった。また、ピーク月の水産施設稼働時を想定し、水産施設稼働時電力消費量に対する太陽光発電の割合を求めると、1～3%となった。

水産都市や季節の相違、魚市場や水産加工工場の休業の有無により差異は大きいものの、災害発生直後の水産加工工場の休業（この場合でも水産加工工場内の冷蔵庫は稼働）を仮定した場合、周辺地域への電力供給が可能であると言える。また、発電量は少ないものの、太陽光発電は災害時電源として有効であることがわかった。

### 5-6-2 時刻別電力消費量を変化させた場合の結果

水産関連産業の電力消費においては、冷凍冷蔵庫の割合が高い。冷凍冷蔵庫は稼働の時間調整が可能であり、災害時には周辺地域への電力供給の負荷状況を考慮しながら、魚類の品質を保つ庫内温度調整を行い、できるだけ負荷平準化を行う必要がある。

八戸を例にとり、水産関連産業及び周辺地域への電力供給に対する時刻別変化を図5-13に示す。「8月稼働」とは、水産加工工場を休業しないで、8月に水産関連施設に供給する電力を、「8月地域」とは、同じ条件で地域に供給することができる電力の時刻別変化を示したものである。逆に、「1月休業」とは、同じ条件で地域に供給することができる電力の時刻別変化を示したものである。従って、図5-13の「8月地域」と「1月地域」との間の領域が地域に電力供給できる範囲である。

表 5-3 非常時の周辺地域への電力供給割合

| 水産都市                  | 八戸      | 気仙沼    | 石巻      | 塩釜      | 銚子      | 焼津     |
|-----------------------|---------|--------|---------|---------|---------|--------|
| ピーク月                  | 8月      | 9月     | 8月      | 8月      | 8月      | 8月     |
| CGS発電電力量 kWh/日        | 305,784 | 80,160 | 233,352 | 162,288 | 137,256 | 95,280 |
| 太陽光発電電力量① kWh/日       | 2,348   | 1,722  | 2,146   | 794     | 957     | 1,195  |
| 合計発電電力量 kWh/日         | 308,132 | 81,882 | 235,498 | 163,082 | 138,213 | 96,475 |
| 水産施設稼働時電力消費量② kWh/日   | 246,281 | 50,082 | 187,300 | 131,012 | 89,353  | 67,167 |
| 同上時の周辺地域への電力供給量 kWh/日 | 61,851  | 31,800 | 48,198  | 32,070  | 48,860  | 29,308 |
| 同上時の周辺地域への電力供給割合      | 0.201   | 0.388  | 0.205   | 0.197   | 0.354   | 0.304  |
| 同上時の太陽光発電寄与率(①/②)     | 0.010   | 0.034  | 0.011   | 0.006   | 0.011   | 0.018  |
| 水産施設休業時電力消費量 kWh/日    | 189,198 | 35,640 | 136,510 | 94,829  | 47,397  | 44,251 |
| 同上時の周辺地域への電力供給量 kWh/日 | 118,934 | 46,242 | 98,988  | 68,253  | 90,816  | 52,224 |
| 同上時の周辺地域への電力供給割合      | 0.386   | 0.565  | 0.420   | 0.419   | 0.657   | 0.541  |
| オフピーク月                | 1月      | 1月     | 1月      | 2月      | 2月      | 1月     |
| CGS発電電力量 kWh/日        | 305,784 | 80,160 | 233,352 | 162,288 | 137,256 | 95,280 |
| 太陽光発電電力量 kWh/日        | 1,008   | 1,113  | 1,111   | 546     | 438     | 980    |
| 合計発電電力量 kWh/日         | 306,792 | 81,273 | 234,463 | 162,834 | 137,694 | 96,260 |
| 水産施設稼働時電力消費量 kWh/日    | 130,150 | 27,889 | 101,628 | 71,327  | 53,372  | 38,140 |
| 同上時の周辺地域への電力供給量 kWh/日 | 176,642 | 53,384 | 132,835 | 91,507  | 84,322  | 58,120 |
| 同上時の周辺地域への電力供給割合      | 0.576   | 0.657  | 0.567   | 0.562   | 0.612   | 0.604  |
| 水産施設休業時電力消費量 kWh/日    | 118,127 | 24,158 | 91,582  | 64,283  | 42,731  | 32,307 |
| 同上時の周辺地域への電力供給量 kWh/日 | 188,665 | 57,115 | 142,881 | 98,551  | 94,963  | 63,953 |
| 同上時の周辺地域への電力供給割合      | 0.615   | 0.703  | 0.609   | 0.605   | 0.690   | 0.664  |
| 水産都市                  | 境港      | 浜田     | 下関      | 長崎      | 枕崎      |        |
| ピーク月                  | 8月      | 8月     | 8月      | 8月      | 8月      |        |
| CGS発電電力量 kWh/日        | 134,952 | 49,728 | 39,936  | 134,832 | 46,200  |        |
| 太陽光発電電力量① kWh/日       | 1,108   | 592    | 883     | 2,053   | 991     |        |
| 合計発電電力量 kWh/日         | 136,060 | 50,320 | 40,819  | 136,885 | 47,191  |        |
| 水産施設稼働時電力消費量② kWh/日   | 108,134 | 37,398 | 27,677  | 104,057 | 35,983  |        |
| 同上時の周辺地域への電力供給量 kWh/日 | 27,926  | 12,922 | 13,142  | 32,828  | 11,208  |        |
| 同上時の周辺地域への電力供給割合      | 0.205   | 0.257  | 0.322   | 0.240   | 0.237   |        |
| 同上時の太陽光発電寄与率(①/②)     | 0.010   | 0.016  | 0.032   | 0.020   | 0.028   |        |
| 水産施設休業時電力消費量 kWh/日    | 85,732  | 27,544 | 20,318  | 88,751  | 31,080  |        |
| 同上時の周辺地域への電力供給量 kWh/日 | 50,328  | 22,776 | 20,501  | 48,134  | 16,111  |        |
| 同上時の周辺地域への電力供給割合      | 0.370   | 0.453  | 0.502   | 0.352   | 0.341   |        |
| オフピーク月                | 1月      | 1月     | 1月      | 1月      | 1月      |        |
| CGS発電電力量 kWh/日        | 134,952 | 49,728 | 39,936  | 134,832 | 46,200  |        |
| 太陽光発電電力量 kWh/日        | 725     | 169    | 320     | 805     | 400     |        |
| 合計発電電力量 kWh/日         | 135,677 | 49,897 | 40,256  | 135,637 | 46,600  |        |
| 水産施設稼働時電力消費量 kWh/日    | 60,286  | 22,917 | 19,002  | 65,604  | 24,477  |        |
| 同上時の周辺地域への電力供給量 kWh/日 | 75,390  | 26,980 | 21,254  | 70,033  | 22,123  |        |
| 同上時の周辺地域への電力供給割合      | 0.556   | 0.541  | 0.528   | 0.516   | 0.475   |        |
| 水産施設休業時電力消費量 kWh/日    | 56,255  | 20,663 | 17,118  | 61,644  | 22,890  |        |
| 同上時の周辺地域への電力供給量 kWh/日 | 79,421  | 29,234 | 23,138  | 73,993  | 23,710  |        |
| 同上時の周辺地域への電力供給割合      | 0.585   | 0.586  | 0.575   | 0.546   | 0.509   |        |

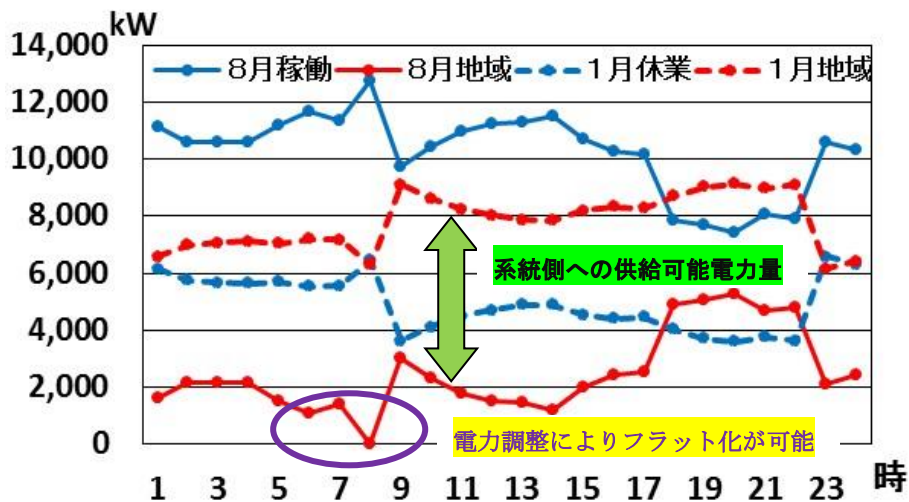


図 5-13 八戸における地域への電力供給

#### 5-7 まとめ

災害の発生状況の仮定として、①水産関連産業の合成電力がピーク月の場合、またはオフピーク月の場合、②水産関連産業が平常時と同様に稼働する場合、または災害に休業する場合の4つに分け、周辺地域への電力供給量を求めた。水産都市間の差異は大きい、周辺地域への電力供給が可能であることがわかった。また、太陽光発電については、災害時電源としても有効であり、「多重防護策」の視点からも必要であることがわかった。

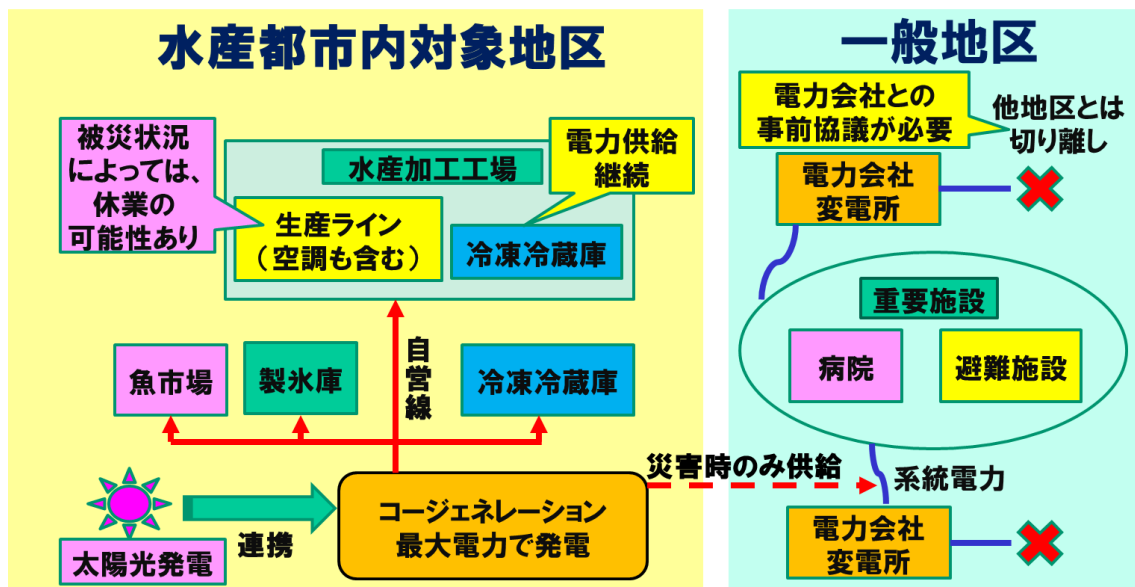


図 5-14 非常時の電力供給のイメージ

なお、周辺地域への電力供給は、①自営線を用いて電力供給する方法が行われていたが、最近、②平常時は電力会社からの電力供給を受け、災害時に停電が長時間継続する場合には、電力会社のネットワークを変電所で切り離し、特定エリア内の複数の建物に、非常用発電設備から電力供給するBCP対応サービスが行われるようになった。予備線が必要であり、実現の制約条件もあるが、この方法が広く一般に行われるようになれば、本研究の適用範囲も拡がると考えられる。イメージ図を図5-14に示す。

さらに、水産関連産業は中小企業が多く、自家発電の所有等を単独で行うことが難しい状況にある。また、水産都市内においては各産業が単独で成り立っているのではなく、分業や企業間連携が行われている。それゆえ、災害に備えた地域全体の「共助」が必要であり、平常時から地域分散型発電による電力供給を行うことは有効である。一方、電力受電の側面では、受変電設備を高所に配置する等を行っている企業はわずかである。建替時期でないと対策が難しいと考えられるが、「自助」として時間をかけて取組むことが望まれる。さらに、ハード面の整備については、国や自治体の「公助」による支援も必要である。本研究のアプローチと併せて、「共助・自助・公助」により、水産都市における災害時の電源確保が、実現できることを期待したい。



## 第5章の参考文献

- 1) 能島暢呂、東日本大震災におけるライフライン復旧状況(時系列編)、土木学会 地震工学委員会 ライフラインの地震時相互連関を考慮した都市機能防護戦略に関する研究小委員会、2011. 6
- 2) 東日本大震災水道施設被害状況調査(最終報告書)、厚生労働省健康局、2013. 3
- 3) 楢田泰子・岡本祐、東北地方太平洋沖地震における断水長期化要因の解明、地域安全学会論文集 No. 17、2012. 7
- 4) 庄司学・松島郁美、地震リスク情報に基づいたエネルギー供給ネットワークの非常用システムに関する検討、地域安全学会梗概集 No. 14、2004. 5
- 5) 高橋大・庄司学、エネルギー供給システムの地震災害時におけるバックアップ形態、地域安全学会梗概集 No. 29、2011. 11
- 6) 庄司学・松島郁美、地震災害時の公的施設に対する電力バックアップシステム、土木学会地震工学論文集 Vol. 28・No. 142、2005. 8
- 7) 植田直子・木幡理郎、近代建築 Vol. 67、近代建築設計社、2013. 3
- 8) タウンニュース三浦版、2018.10.19: <https://www.townnews.co.jp/0502/2018/10/19/453881.html>
- 9) 横田英靖・佐土原聡・吉田聡、水産都市における災害時の電力供給に関する研究、地域安全学会論文集(研究発表論文) No. 31、pp. 1-10、2017. 11

## 第6章

### 水産都市再生を前提としたモデルの提案と 環境性評価に関する研究

## 第6章 水産都市再生を前提としたモデルの提案と環境性評価に関する研究

### 6-1 はじめに

水産都市再生のためには、①雇用の確保と経済発展（儲かる水産業や水産関連産業、新たな産業の創出）、②若年労働者の回帰、③基盤となる長期的な水産資源の確保、④防災まちづくり、⑤観光も含めた魅力あるまちづくり等が必要である。本研究では、これらを背景とした新たなモデルを設定する。これまで行ってきた本研究のコージェネレーションを中核としたエネルギーシステムの考え方は変えずに、三浦をベースとして基本システムを構築し、八戸、石巻、境港、枕崎の5つの水産都市にて気象条件を変化させて、全国的に成り立つモデルであるかどうか研究する。

### 6-2 水産都市再生を背景としたモデルの考え方

本研究では、下記のような視点でモデルを考える。

- (1) 防災：①1F部分は津波が抜ける構造  
②避難所機能を有する防災施設  
③非常時の電力は自家発電や再生可能エネルギーで供給  
④備蓄を考慮したLNGサテライト供給
- (2) 環境：①コージェネレーション ②太陽光発電と蓄電池  
③スマートエネルギーネットワークにより環境性向上
- (3) 経済発展・雇用の確保：蒲鉾工場及び高付加価値製品工場
- (4) 水産資源確保：全国的に養殖可能なトラフグの陸上養殖
- (5) 6次産業化・観光：見せる工場・ショッピングセンター・レストランの観光施設

### 6-3 具体的事例に基づくモデルの設定

#### 6-3-1 設定水産加工工場

- (1) 3階建とし、1階部分（延床面積に含める）は陸上養殖設備を設置
- (2) 蒲鉾工場：延床面積は13,500m<sup>2</sup>（建築面積4,500m<sup>2</sup>）×2棟と仮定  
工場1棟分の内訳：4,500m<sup>2</sup>×2フロア＝9,000m<sup>2</sup>  
生産部分：2,610m<sup>2</sup>（内、送風対象面積：1,890m<sup>2</sup>） 事務所等部分：1,080m<sup>2</sup>
- (3) 高付加価値製造工場：延床面積は4,500m<sup>2</sup>（建築面積1,500m<sup>2</sup>）×2棟と仮定  
工場1棟分の内訳：1,500m<sup>2</sup>×2フロア＝3,000m<sup>2</sup>  
生産部分：1,080m<sup>2</sup> 事務所等部分：210m<sup>2</sup>

### 6-3-2 設定防災・観光施設

- (1) 4階建とし、1階は観光用釣り堀、2階は見せる工場＋防災・観光展示施設＋防災研修施設、3階は電気設備＋避難施設、4階はショッピングセンター＋展望レストラン  
延床面積は7,200m<sup>2</sup>（建築面積1,800m<sup>2</sup>）
- (2) 見せる工場：300m<sup>2</sup>と仮定 冷房のみ
- (3) 観光施設：（ショッピングセンター）740m<sup>2</sup>、（レストラン）770m<sup>2</sup>、（厨房）290m<sup>2</sup>  
計1,800m<sup>2</sup>と仮定
- (4) 1階の釣り堀、2階の防災・観光展示施設＋防災研修施設、3階は電気設備＋避難施設については、ここではエネルギー使用量ゼロと仮定する。

### 6-3-3 設定冷凍冷蔵庫・製氷庫

東日本大震災後に建設された、女川の冷凍冷蔵庫及び製氷庫と同規模のものを仮定する。

①冷凍冷蔵庫：建築面積3,357m<sup>2</sup>、延床面積6,932m<sup>2</sup>、所管容積15,000m<sup>3</sup>

②製氷庫：建築面積453m<sup>2</sup>、延床面積1,106m<sup>2</sup>、製氷能力40t/日

### 6-3-4 設定モデル地区と配置計画

#### (1) 設定モデル地区

本研究では、三浦市の三崎漁港（二町谷地区）水産物流通加工業務団地の事例<sup>1)</sup>を参考として、この用地にモデルを建設すると仮定し、他の水産都市でも同様に建設できると考える。なお、本計画は研究用の仮想であり、実際に具体化しているものではないことを付記する。

本計画の内、区画①13,874m<sup>2</sup>、②22,170m<sup>2</sup>を対象と仮定する。建ぺい率60%、容積率200%、高さ制限15m、特例要件緩和で31mまで可能。ここでは海業振興内容につき、特例要件緩和が認可されると仮定する。配置計画図を図6-1に示す。

#### (2) 配置計画

区画①につき、高付加価値製品工場2棟、冷蔵倉庫及び製氷庫を各1棟配置する。

建ぺい率と容積率から必要敷地面積を計算し、高付加価値製品工場は5,000m<sup>2</sup>、冷蔵倉庫及び製氷庫は6,350m<sup>2</sup>、合計11,350m<sup>2</sup>の敷地面積が必要となる。

区画②につき、蒲鉾工場2棟、観光防災棟1棟を配置する。

同様に、建ぺい率と容積率から必要敷地面積を計算し、蒲鉾工場は15,000m<sup>2</sup>、観光防災棟は3,600m<sup>2</sup>、合計18,600m<sup>2</sup>の敷地面積が必要となる。

いずれも、敷地面積内に収まる。なお、区画②の残りの3,570m<sup>2</sup>を用いてLNGサテライ

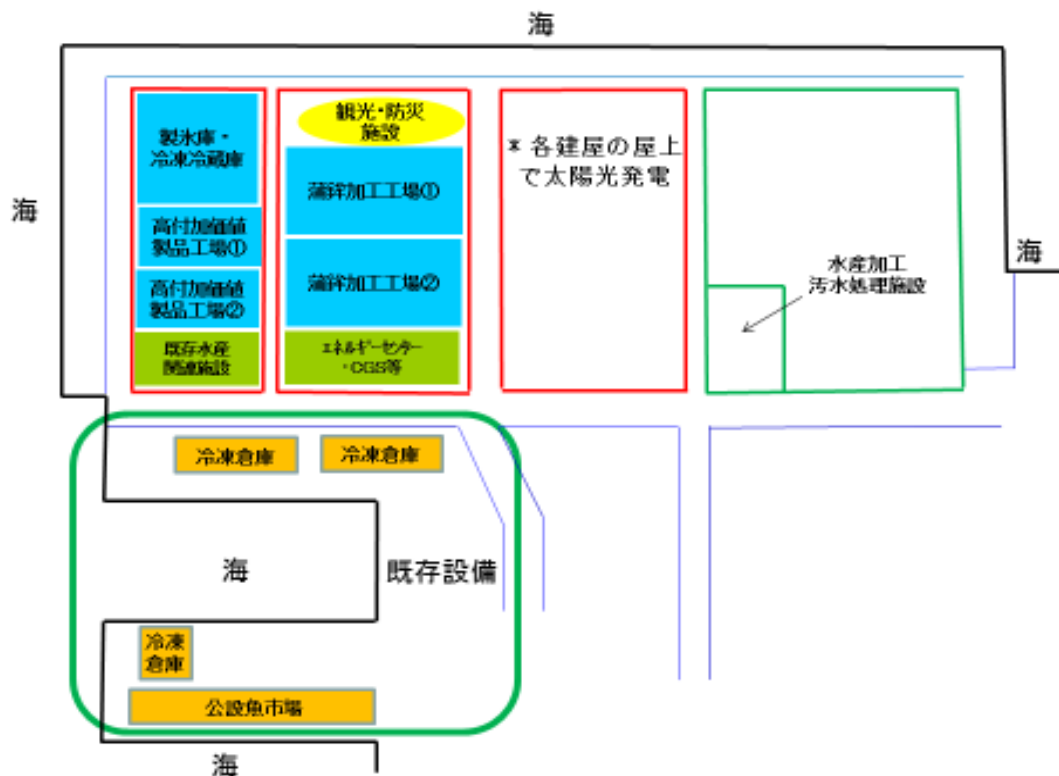


図 6-1 配置計画図（研究用の仮想）

ト設備やコージェネレーションシステムを含むエネルギーセンターを建設する。  
 なお、建屋断面図を示すと、図 6-2 のようになる。

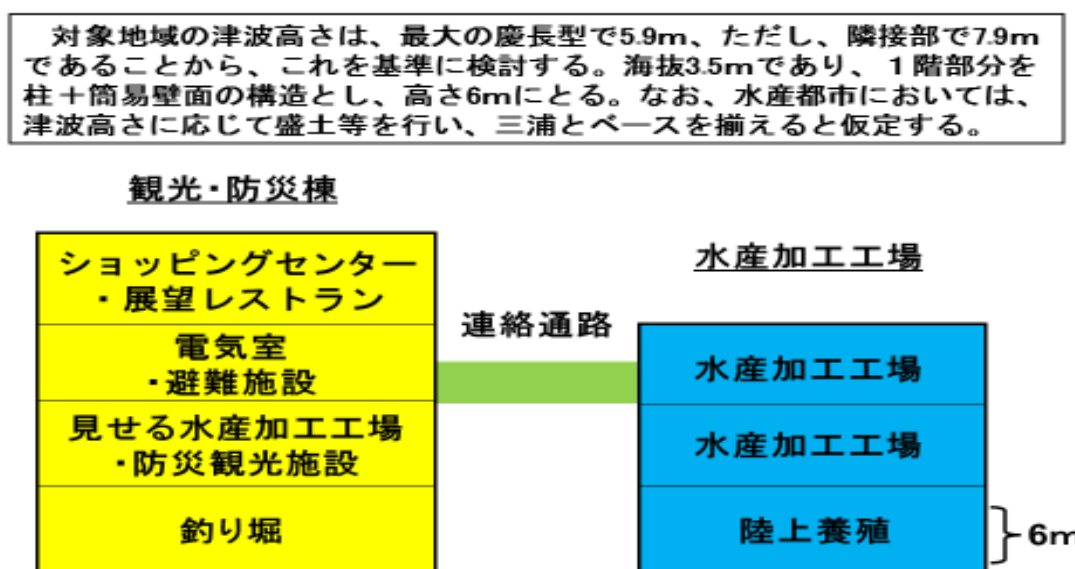


図 6-2 建屋断面図（研究用の仮想）

### 6-3-5 設定陸上養殖施設

#### (1) 飼育計画とパッケージ数

- ①全国の海上養殖フグ生産量は年間約 4,000t であり、フグ 1 匹の重量を約 1kg と仮定すると、全国での生産量は約 4,000,000 尾に相当する。
- ②海上養殖が盛んな長崎市たちばな漁業協同組合のホームページ<sup>2)</sup>より、12 の事業者がフグの養殖を行い、年間 350,000 尾の取引をしており、1 事業者平均約 30,000 尾の年間生産量と考えられる。
- ③そこで、本研究においても、30,000 尾の年間生産量をベースに飼育計画をたてる。陸上養殖 1 パッケージ (4 水槽) につき、500 尾/年・水槽×4 水槽=2,000 尾/年の生産量であるので、30,000 尾÷2,000 尾/パッケージ=15 パッケージが必要となる。

#### (2) 設置の可否

陸上養殖対象建築面積は、 $1,500\text{m}^2/\text{棟} \times 2 \text{ 棟} + 4,500\text{m}^2/\text{棟} \times 2 \text{ 棟} = 12,000\text{m}^2$  である。一方、実績事例から 1 パッケージ  $210\text{m}^2$  であるので、 $210\text{m}^2/\text{パッケージ} \times 15 \text{ パッケージ} = 3,150\text{m}^2$  が必要となる。従って、水産加工施設の 1F 部分には十分設置可能である。例えば、エネルギーセンターに隣接する、蒲鉾加工工場②の 1F 部分に集中させることも考えられる。

#### (3) 水温調節対象容量

1 パッケージで考えた場合、対象は養殖水槽 4 基と水処理槽 1 基であり、  
養殖水槽 直径 4m×水深 0.8m×4 基 ⇒ 40 t  
水処理槽 直径 4m×水深 0.8m×1 基 ⇒ 10 t  
1 パッケージ当り、50 t となる。  
従って、15 パッケージでは、 $50 \times 15 = 750 \text{ t}$  となる。

## 6-4 エネルギーシステムの概要とエネルギー消費量の推定

### 6-4-1 エネルギーシステムの概要

#### (1) 製氷庫、冷凍冷蔵庫、蒲鉾工場、高付加価値製品工場、防災・観光棟

三浦市に、製氷庫（ベースは銚子）、冷凍冷蔵庫（ベースは三浦）、蒲鉾工場（ベースは小田原）、高付加価値製品工場（ベースは焼津）、見せる工場・観光施設（ベースは焼津）を建設することを考え、それぞれベースとなる水産都市の数値を面積や気温の変更により、置き換えて計算する。

## (2) 陸上養殖

閉鎖循環型水槽の水循環とエネルギーシステムからの温水とは水-水熱交換器等での熱交換を行う。この熱交換効率を 0.85、エネルギーセンターから陸上養殖施設までの配管等ロス を 3% と仮定し、15 パッケージを想定して、実際のシステムでの必要熱量及び必要加熱能力を計算する。なお、温水タンクを設け、コージェネレーションシステムの稼働によらず、熱量が不足した場合は、温水ボイラで加温するものとする。行き：80℃温水、還り：20℃水と仮定する。トラフグの陸上養殖の適温を 20～24℃と仮定。この温度範囲外では、加熱・冷却を行う。冷水は温水焚冷凍機より供給し、加熱・冷却とも熱交換にて対応。水槽の熱量計算は、プールの設計と同様に<sup>4)</sup>、蒸発熱、水面の熱伝達損失、壁面・配管損失熱等から算出する<sup>5)</sup>。

電力については、照明は最大電力を 30W/m<sup>2</sup>、年間電力消費量を 21kWh/m<sup>2</sup>年、1 パッケージの面積を 210m<sup>2</sup>とすると、最大電力が 6.3kW、年間電力消費量が 4,400kWh/年となる。また、温泉トラフグの実績値から、循環ポンプとブロー合わせた最大電力を 1.6kW、年間電力消費量を 11,400kWh/年と仮定すると、合計で、最大電力が 7.9kW、年間電力消費量が 15,800kWh/年となる。年間 2 日間の水の入替を考慮し、年 363 日間で計算すると、43.53kWh/日となる。従って、15 パッケージでは、最大電力負荷が 118.5kW、年間電力消費量が 237,000kWh/年、1 日当りの電力消費量が 653kWh/日となるので、24 時間平均では、27.2kWh/日となる。

## (3) 太陽光発電

太陽光発電及び蓄電池の能力を求めると、表 6-1 のようになる。

なお、防災観光棟の建築面積は 1,800m<sup>2</sup>であり、災害時の防災施設（1フロア分）の電力負荷を、50（W/m<sup>2</sup>）と仮定。50W/m<sup>2</sup>×1800m<sup>2</sup>×24h/日＝2,160kWh/日、3 日分の蓄電池容量を考えると、2,160kWh/日×3 日＝6,480kWh となる。

また、最低日射量を考えると、被災 3 日後の蓄電池容量は表 6-2 のようになる。

表 6-1 太陽光発電の設備使用

|                                 | 八戸    | 石巻    | 三浦    | 境港    | 枕崎    |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 年間平均水平面日射量kWh/m <sup>2</sup> ・日 | 3.48  | 3.51  | 3.72  | 3.40  | 3.68  |
| 1日平均発電量 kWh                     | 5,177 | 5,224 | 5,547 | 5,054 | 5,485 |
| 年間発電量 MWh                       | 1,890 | 1,907 | 2,024 | 1,845 | 2,002 |
| 1枚発電能力 kW/枚                     | 248   | 250   | 265   | 242   | 262   |
| パネル枚数                           | 6,600 | 6,600 | 6,600 | 6,600 | 6,600 |
| 太陽光発電能力 kW                      | 1,635 | 1,650 | 1,752 | 1,596 | 1,732 |
| 蓄電池容量 kWh                       | 6,480 | 6,480 | 6,480 | 6,480 | 6,480 |
| 太陽光のみの平均蓄電日数                    | 1.3   | 1.2   | 1.2   | 1.3   | 1.2   |



表 6-2 被災 3 日後の蓄電池容量

|                                 | 八戸    | 石巻    | 三浦    | 境港    | 枕崎    |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 月間最小水平面日射量kWh/m <sup>2</sup> ・日 | 1.38  | 1.68  | 1.88  | 1.25  | 1.72  |
| 最小月                             | 12    | 12    | 11    | 12    | 12    |
| 1日平均発電量 kWh                     | 1,948 | 2,409 | 2,717 | 1,748 | 2,471 |
| 太陽光3日間最低発電量 kWh                 | 5,843 | 7,227 | 8,150 | 5,243 | 7,412 |
| 被災3日後の最低蓄電容量kWh                 | 5,843 | 6,480 | 6,480 | 5,243 | 6,480 |

(4) LNGサテライト供給設備

年間の最大電力量及びピーク時の 1 日当りの最大電力量から、第 5 章と同様に計算すると、表 6-3 のようになる。

表 6-3 モデルのLNGサテライト供給設備

| 水産都市            | 八戸     | 石巻     | 三浦     | 境港     | 枕崎     |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 最大電力 kW         | 4,752  | 4,838  | 4,985  | 5,048  | 5,103  |
| 災害時用備蓄量 kL      | 311    | 317    | 327    | 331    | 334    |
| ピーク時1日電力消費量 kWh | 73,124 | 74,410 | 77,864 | 78,727 | 79,708 |
| ピーク時3日LNG消費量 kL | 86     | 87     | 91     | 92     | 93     |
| LNG貯槽容量 kL      | 397    | 404    | 418    | 423    | 428    |
| 蒸発器能力 t/h       | 0.85   | 0.87   | 0.89   | 0.91   | 0.92   |
| 温水消費量 MJ/h      | 589    | 600    | 618    | 626    | 633    |

(5) エネルギーシステム

エネルギーシステムをまとめると、図 6-3 のようになる。

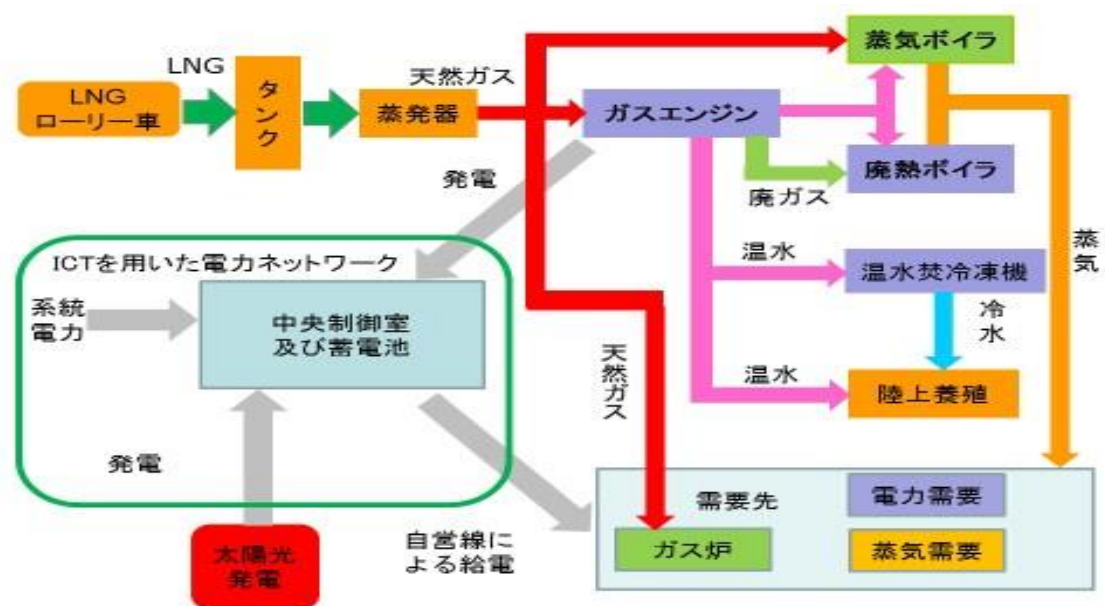


図 6-3 エネルギーシステム図

## 6-4-2 陸上養殖における熱エネルギー消費量の推定

### (1) 陸上養殖水槽の加熱・冷却温度幅

水温が 20℃以下は加熱とするが、その時の気温が 20℃以上の場合は、(水温 (20℃) - 気温) がマイナスとなるので、加熱しない。同様に、水温が 24℃以上の場合は冷却とするが、その時の気温が 24℃以下の場合は、(水温 (24℃) - 気温) がプラスとなるので、冷却しない。水産都市の水温 (表 2-4) をベースに考えると、水槽内の温度は表 6-4 のようになり、各水産都市での加熱・冷却温度幅は、表 6-5 のようになる。

表 6-4 陸上養殖水槽内の温度

加熱 冷却 単位：℃

| 水産都市 | 4月   | 5月   | 6月   | 7月   | 8月   | 9月   | 10月  | 11月  | 12月  | 1月   | 2月   | 3月   |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 八戸   | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 19.5 | 21.4 | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 |
| 石巻   | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 20.5 | 22.2 | 19.5 | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 |
| 三浦   | 20.0 | 20.0 | 20.1 | 22.9 | 24.0 | 22.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 |
| 境港   | 20.0 | 20.0 | 20.5 | 23.8 | 24.0 | 21.7 | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 |
| 枕崎   | 20.0 | 20.0 | 22.0 | 24.0 | 24.0 | 23.6 | 19.8 | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 |

表 6-5 加熱・冷却温度幅

単位：℃

| 水産都市 | 4月  | 5月  | 6月  | 7月  | 8月  | 9月  | 10月 | 11月  | 12月  | 1月   | 2月   | 3月   |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| 八戸   | 9.7 | 6.0 | 3.6 | 0.0 | 0.0 | 1.4 | 6.1 | 11.0 | 15.0 | 17.2 | 16.8 | 14.3 |
| 石巻   | 9.0 | 5.3 | 2.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 4.9 | 9.7  | 13.7 | 15.9 | 15.5 | 13.2 |
| 三浦   | 5.3 | 2.2 | 0.0 | 0.0 | 0.4 | 0.0 | 2.1 | 5.8  | 9.3  | 11.4 | 11.2 | 9.1  |
| 境港   | 6.0 | 2.5 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 2.7 | 6.9  | 10.7 | 12.8 | 12.5 | 10.2 |
| 枕崎   | 3.4 | 0.6 | 0.0 | 0.9 | 1.5 | 0.0 | 0.0 | 4.1  | 8.0  | 9.5  | 8.7  | 6.6  |

### (2) 陸上養殖水槽の必要加熱熱量

月別の必要加熱熱量は、式 (6-1) より求まる。

$$Q_h = (Q_{h1} + Q_{h2}) \times D_m + Q_{h3} \quad (6-1)$$

$Q_h$ ：必要加熱熱量 (MJ/日)

$Q_{h1}$ ：蒸発分を補うのに必要な熱量 (MJ/日)

$Q_{h2}$ ：損失熱量 (MJ/日)

$Q_{h3}$ ：水入替時の損失熱量 (MJ)

$D_m$ ：月別の日数

(3) 蒸発分を補うのに必要な熱量

1 パッケージ当りの水量は、10 t /水槽×5 水槽＝50 t であり、1 日当りの蒸発量を 5%（温泉トラフグ実績値）と仮定すると、 $50 \times 0.05 = 2.5$ （t）の補給水量が必要となる。これを 1℃高めるのに必要な熱量は、 $2.5 \times 4.186 = 10.465$ （MJ/日）

従って、表 6-5 の温度幅だけ加熱するのに必要な熱量は、表 6-6 のようになる。

表 6-6 必要加熱熱量

単位：MJ/日

| 水産都市 | 4月    | 5月   | 6月   | 7月 | 8月 | 9月   | 10月  | 11月   | 12月   | 1月    | 2月    | 3月    |
|------|-------|------|------|----|----|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 八戸   | 101.5 | 63.3 | 37.5 |    |    | 15.1 | 64.1 | 114.8 | 157.2 | 179.6 | 176.3 | 149.7 |
| 石巻   | 94.0  | 55.8 | 25.1 |    |    |      | 51.7 | 101.5 | 143.1 | 166.3 | 162.2 | 138.1 |
| 三浦   | 55.0  | 22.6 |      |    |    |      | 21.7 | 60.8  | 97.4  | 119.0 | 117.3 | 94.9  |
| 境港   | 63.3  | 25.9 |      |    |    |      | 28.4 | 72.4  | 112.3 | 133.9 | 130.6 | 106.5 |
| 枕崎   | 35.9  | 6.8  |      |    |    |      |      | 43.3  | 83.2  | 99.0  | 91.5  | 69.1  |

また、1 日 24 時間平均して加熱すると仮定すると、必要加熱能力は表 6-7 のようになる。

表 6-7 必要加熱能力

単位：MJ/h

| 水産都市 | 4月   | 5月   | 6月   | 7月 | 8月 | 9月   | 10月  | 11月  | 12月  | 1月   | 2月   | 3月   |
|------|------|------|------|----|----|------|------|------|------|------|------|------|
| 八戸   | 4.23 | 2.64 | 1.56 |    |    | 0.63 | 2.67 | 4.78 | 6.55 | 7.49 | 7.35 | 6.24 |
| 石巻   | 3.92 | 2.33 | 1.04 |    |    |      | 2.15 | 4.23 | 5.96 | 6.93 | 6.76 | 5.75 |
| 三浦   | 2.29 | 0.94 |      |    |    |      | 0.91 | 2.53 | 4.06 | 4.96 | 4.89 | 3.95 |
| 境港   | 2.64 | 1.08 |      |    |    |      | 1.18 | 3.02 | 4.68 | 5.58 | 5.44 | 4.44 |
| 枕崎   | 1.49 | 0.28 |      |    |    |      |      | 1.81 | 3.47 | 4.13 | 3.81 | 2.88 |

(4) 加熱時の損失熱量

月別の損失熱量は式（6-2）より、時刻別の損失熱量は式（6-3）より求まる。

$$Q_{h2} = q_{h2} \times 24 \times D_m \quad (6-2)$$

$$q_{h2} = q_e + q_{t1} + q_{t2} + q_{t3} \quad (6-3)$$

$q_e$ ：水槽水面の蒸発による損失熱量（MJ/h）

$q_{t1}$  : 水槽水面の熱伝達による損失熱量 (MJ/h)

$q_{t2}$  : 水槽の壁面・底面からの損失熱量 (MJ/h)

$q_{t3}$  : 配管等の損失熱量 (MJ/h)

#### ①水槽水面の蒸発による損失熱量

水槽水面の蒸発による損失熱量は、式 (6-4) 及び(6-5) より求まる。

$$q_e = r \times L / 1000 \quad (6-4)$$

$$L = (25 + 19 v) \times (X_w - X_a) A_1 \quad (6-5)$$

$r$  : 水温 20 の飽和蒸気の蒸発潜熱で、2453.6 (kJ/kg)

$L$  : 水槽水面からの蒸発量 (kg/h)

$v$  : 水槽水面上の風速で、屋内の 0.5 (m/s) を仮定

$X_w$  : 水温  $t_w$  (=20℃) の飽和空気絶対湿度で、0.01465 (kg/kg (DA))

$X_a$  : 水槽周辺空気 (空気温度  $t_a$ ) の絶対湿度 (kg/kg (DA))

$A_1$  : 水槽の水表面積で 12.56 (m<sup>2</sup>)、1 パッケージでは、12.56m<sup>2</sup>×5=62.80 (m<sup>2</sup>)

ここで、 $X_a$  の絶対湿度は、表 6-8 のようになる。

表 6-8 水槽周辺空気の絶対湿度

単位 : kg/kg (DA)

| 水産都市 | 4月      | 5月      | 6月      | 7月 | 8月 | 9月      | 10月     | 11月     | 12月     | 1月      | 2月      | 3月      |
|------|---------|---------|---------|----|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 八戸   | 0.00424 | 0.00672 | 0.00915 |    |    | 0.01074 | 0.00742 | 0.00436 | 0.00308 | 0.00260 | 0.00264 | 0.00320 |
| 石巻   | 0.00517 | 0.00783 | 0.01034 |    |    |         | 0.00840 | 0.00514 | 0.00372 | 0.00296 | 0.00287 | 0.00363 |
| 三浦   | 0.00657 | 0.00923 |         |    |    |         | 0.01021 | 0.00599 | 0.00382 | 0.00296 | 0.00288 | 0.00426 |
| 境港   | 0.00634 | 0.00811 |         |    |    |         | 0.00970 | 0.00624 | 0.00464 | 0.00381 | 0.00398 | 0.00460 |
| 枕崎   | 0.00868 | 0.01100 |         |    |    |         |         | 0.00853 | 0.00564 | 0.00489 | 0.00483 | 0.00632 |

以上より、水槽水面の蒸発による損失熱量  $q_e$  を求めると、表 6-9 のようになる。

表 6-9 水槽水面の蒸発による損失熱量

単位：MJ/h

| 水産都市 | 4月    | 5月    | 6月    | 7月 | 8月 | 9月    | 10月   | 11月   | 12月   | 1月    | 2月    | 3月    |
|------|-------|-------|-------|----|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 八戸   | 55.35 | 42.19 | 29.24 |    |    | 20.78 | 38.43 | 54.74 | 61.52 | 64.07 | 63.85 | 60.91 |
| 石巻   | 50.42 | 36.28 | 22.95 |    |    |       | 33.23 | 50.58 | 58.11 | 62.14 | 62.65 | 58.59 |
| 三浦   | 42.97 | 28.81 |       |    |    |       | 23.62 | 46.07 | 57.60 | 62.18 | 62.60 | 55.25 |
| 境港   | 44.19 | 34.76 |       |    |    |       | 26.33 | 44.70 | 53.25 | 57.62 | 56.75 | 53.44 |
| 枕崎   | 31.73 | 19.40 |       |    |    |       |       | 32.58 | 47.89 | 51.89 | 52.24 | 44.28 |

## ②水槽水面の熱伝達による損失熱量

水槽水面の蒸発による損失熱量は、式（6-6）より求まる。

$$q_{t1} = \alpha (t_w - t_a) A_1 \quad (6-6)$$

$$\alpha : \text{熱伝達率} \div 9.3 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)} = 0.03348 \text{ (MJ/h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K)}$$

以上より、水槽水面の熱伝達による損失熱量  $q_{t1}$  は、表 6-10 のようになる。

表 6-10 水槽水面の熱伝達による損失熱量

単位：MJ/h

| 水産都市 | 4月    | 5月    | 6月   | 7月 | 8月 | 9月   | 10月   | 11月   | 12月   | 1月    | 2月    | 3月    |
|------|-------|-------|------|----|----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 八戸   | 24.18 | 14.51 | 7.99 |    |    | 2.31 | 14.72 | 27.54 | 38.27 | 43.94 | 43.10 | 36.37 |
| 石巻   | 22.29 | 12.62 | 4.84 |    |    |      | 11.56 | 24.18 | 34.69 | 40.58 | 39.53 | 33.43 |
| 三浦   | 12.41 | 4.21  |      |    |    |      | 3.99  | 13.88 | 23.13 | 28.59 | 28.17 | 22.50 |
| 境港   | 14.51 | 5.05  |      |    |    |      | 5.68  | 16.82 | 26.91 | 32.38 | 31.54 | 25.44 |
| 枕崎   | 7.57  | 0.21  |      |    |    |      |       | 9.46  | 19.55 | 23.55 | 21.66 | 15.98 |

## ③水槽の壁面・底面からの損失熱量

水槽の壁面及び底面からの損失熱量、式（6-7）より求まる。

$$q_{t2} = K(t_w - t_a) \times (A_2 + A_3) / 1000 \quad (6-7)$$

K：壁面・底面の熱通過率で、3.6 (kJ/h・m<sup>2</sup>・K)

A<sub>2</sub>：水槽の壁面面積で 10.05 (m<sup>2</sup>)、1 パッケージでは、10.05×5=50.25 (m<sup>2</sup>)

A<sub>3</sub>：水槽の底面積で A<sub>1</sub> に等しく、1 パッケージでは、62.80 (m<sup>2</sup>)

以上より、水槽の壁面・底面からの損失熱量  $q_{t2}$  を求めると、表 6-11 のようになる。

表 6-11 水槽の壁面・底面からの損失熱量

単位：MJ/h

| 水産都市 | 4月   | 5月   | 6月   | 7月 | 8月 | 9月   | 10月  | 11月  | 12月  | 1月   | 2月   | 3月   |
|------|------|------|------|----|----|------|------|------|------|------|------|------|
| 八戸   | 4.68 | 2.81 | 1.55 |    |    | 0.45 | 2.85 | 5.33 | 7.41 | 8.50 | 8.34 | 7.04 |
| 石巻   | 4.31 | 2.44 | 0.94 |    |    |      | 2.24 | 4.68 | 6.71 | 7.85 | 7.65 | 6.47 |
| 三浦   | 2.40 | 0.81 |      |    |    |      | 0.77 | 2.69 | 4.48 | 5.53 | 5.45 | 4.35 |
| 境港   | 2.81 | 0.98 |      |    |    |      | 1.10 | 3.26 | 5.21 | 6.27 | 6.10 | 4.92 |
| 枕崎   | 1.22 | 0.59 |      |    |    |      |      | 1.32 | 2.14 | 2.40 | 2.34 | 1.90 |

#### ④配管等の損失熱量

①～③の合計の 3%を仮定すると、表 6-12 のようになる。

表 6-12 配管等の損失熱量

単位：MJ/h

| 水産都市 | 4月   | 5月   | 6月   | 7月 | 8月 | 9月   | 10月  | 11月  | 12月  | 1月   | 2月   | 3月   |
|------|------|------|------|----|----|------|------|------|------|------|------|------|
| 八戸   | 2.53 | 1.79 | 1.16 |    |    | 0.71 | 1.68 | 2.63 | 3.22 | 3.50 | 3.46 | 3.13 |
| 石巻   | 2.31 | 1.54 | 0.86 |    |    |      | 1.41 | 2.38 | 2.99 | 3.32 | 3.29 | 2.95 |
| 三浦   | 1.73 | 1.01 |      |    |    |      | 0.85 | 1.88 | 2.56 | 2.89 | 2.89 | 2.46 |
| 境港   | 1.85 | 1.22 |      |    |    |      | 0.99 | 1.94 | 2.56 | 2.89 | 2.83 | 2.51 |
| 枕崎   | 1.22 | 0.59 |      |    |    |      |      | 1.32 | 2.14 | 2.40 | 2.34 | 1.90 |

#### ⑤加熱時の損失熱量の合計

以上の熱量を合計すると、表 6-13 のようになる。

表 6-13 加熱時の損失熱量

単位：MJ/h

| 水産都市 | 4月    | 5月    | 6月    | 7月 | 8月 | 9月    | 10月   | 11月   | 12月    | 1月     | 2月     | 3月     |
|------|-------|-------|-------|----|----|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 八戸   | 86.73 | 61.29 | 39.94 |    |    | 24.25 | 57.68 | 90.25 | 110.40 | 120.01 | 118.75 | 107.45 |
| 石巻   | 79.33 | 52.87 | 29.58 |    |    |       | 48.45 | 81.82 | 102.50 | 113.89 | 113.12 | 101.45 |
| 三浦   | 59.51 | 34.85 |       |    |    |       | 29.24 | 64.51 | 87.76  | 99.20  | 99.11  | 84.56  |
| 境港   | 63.35 | 42.01 |       |    |    |       | 34.10 | 66.72 | 87.94  | 99.15  | 97.23  | 86.32  |
| 枕崎   | 41.99 | 20.24 |       |    |    |       |       | 45.19 | 73.37  | 82.40  | 80.43  | 65.26  |

(5) 水入替時の損失熱量

温度幅の小さい時期に、年2回（半年ごと）の水の入替を行う。

八戸と石巻は3月と9月、三浦、境港、枕崎は4月と10月に行う。

1回で水50tを入れ替えるので、 $1^{\circ}\text{C}$ 高めるのに、 $50 \times 4.186 = 209.3$  (MJ/回・ $^{\circ}\text{C}$ )

必要となるので、入替に必要な熱量は、表6-14のようになる。

表 6-14 入替に必要な熱量

単位：MJ/回

| 水産都市 | 3月     | 4月     | 9月    | 10月   |
|------|--------|--------|-------|-------|
| 八戸   | 2994.5 |        | 301.6 |       |
| 石巻   | 2761.8 |        | 0.0   |       |
| 三浦   |        | 1099.5 |       | 434.6 |
| 境港   |        | 1265.7 |       | 567.6 |
| 枕崎   |        | 717.2  |       | 0.0   |

(6) 加熱時の必要熱量のまとめ

以上より、水の入替も考慮した必要加熱熱量は、式(6-1)より、表6-15のようになる。

表 6-15 必要加熱熱量

単位：MJ/月

| 水産都市 | 4月     | 5月     | 6月     | 7月 | 8月 | 9月     | 10月    | 11月    | 12月    | 1月     | 2月     | 3月     |
|------|--------|--------|--------|----|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 八戸   | 65,495 | 47,561 | 29,882 |    |    | 18,212 | 44,902 | 68,422 | 87,014 | 94,855 | 84,736 | 87,582 |
| 石巻   | 59,937 | 41,068 | 22,048 |    |    |        | 37,646 | 61,959 | 80,693 | 89,888 | 80,559 | 82,520 |
| 三浦   | 45,596 | 26,626 |        |    |    |        | 22,861 | 48,273 | 68,309 | 77,491 | 69,890 | 65,855 |
| 境港   | 48,778 | 32,059 |        |    |    |        | 26,815 | 50,211 | 68,906 | 77,923 | 68,994 | 67,526 |
| 枕崎   | 32,024 | 15,268 |        |    |    |        |        | 33,835 | 57,166 | 64,373 | 56,612 | 50,693 |

また、蒸発分を補うのに必要な熱量と加熱時の損失熱量を合わせた加熱能力の合計値は、表6-16のようになる。

さらに、閉鎖循環型水槽の水循環とエネルギーシステムからの温水とは水-水熱交換器等での熱交換を行う。この熱交換効率を0.85、エネルギーセンターから陸上養殖施設までの配管等ロスを3%と仮定し、15パッケージを想定して、モデルのシステムでの必要熱量及び必要温水能力並びに最大流量を計算すると、表6-17及び表6-18のようになる。



表 6-16 加熱能力

単位：MJ/h

| 水産都市 | 4月    | 5月    | 6月    | 7月 | 8月 | 9月    | 10月   | 11月   | 12月    | 1月     | 2月     | 3月     |
|------|-------|-------|-------|----|----|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 八戸   | 90.96 | 63.93 | 41.50 |    |    | 24.88 | 60.35 | 95.03 | 116.95 | 127.49 | 126.10 | 113.69 |
| 石巻   | 83.25 | 55.20 | 30.62 |    |    |       | 50.60 | 86.05 | 108.46 | 120.82 | 119.88 | 107.20 |
| 三浦   | 61.80 | 35.79 |       |    |    |       | 30.14 | 67.05 | 91.81  | 104.15 | 104.00 | 88.51  |
| 境港   | 65.99 | 43.09 |       |    |    |       | 35.28 | 69.74 | 92.62  | 104.73 | 102.67 | 90.76  |
| 枕崎   | 43.48 | 20.52 |       |    |    |       |       | 46.99 | 76.84  | 86.52  | 84.24  | 68.14  |

表 6-17 モデルの必要加熱熱量

単位：GJ/月

| 水産都市 | 4月    | 5月  | 6月  | 7月 | 8月 | 9月  | 10月 | 11月   | 12月   | 1月    | 2月    | 3月    |
|------|-------|-----|-----|----|----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 八戸   | 1,190 | 864 | 543 |    |    | 331 | 816 | 1,244 | 1,582 | 1,724 | 1,540 | 1,592 |
| 石巻   | 1,089 | 746 | 401 |    |    |     | 684 | 1,126 | 1,467 | 1,634 | 1,464 | 1,500 |
| 三浦   | 829   | 484 |     |    |    |     | 416 | 877   | 1,242 | 1,409 | 1,270 | 1,197 |
| 境港   | 887   | 583 |     |    |    |     | 487 | 913   | 1,252 | 1,416 | 1,254 | 1,227 |
| 枕崎   | 582   | 278 |     |    |    |     |     | 615   | 1,039 | 1,170 | 1,029 | 921   |

表 6-18 モデルの温水能力及び最大流量

| 対象漁港                    | 八戸    | 石巻    | 三浦    | 焼津    | 境港    | 下関    | 長崎    | 枕崎    |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 温水能力(MJ/h)              | 2,317 | 2,196 | 1,893 | 1,877 | 1,904 | 1,776 | 1,731 | 1,573 |
| 最大流量(m <sup>3</sup> /h) | 9.23  | 8.74  | 7.54  | 7.47  | 7.58  | 7.07  | 6.89  | 6.26  |

なお、エネルギーセンターに温水タンクを設け、コージェネレーションシステムの稼働によらず、熱量が不足した場合は、温水ボイラで加温するものとする。また、往きは 80℃の温水、還りは 20℃の水を仮定する。

#### (7) 冷却時の必要熱量

冷却時は、水温を 24℃として同様に計算する。対象は 7 月の枕崎と 8 月の三浦、境港、枕崎のみである。加熱と同様に、冷却熱量、熱伝達損失、壁面損失、配管損失を求め、これらをまとめて必要冷却熱量を計算した結果を表 6-19 に示す。

また、閉鎖循環型水槽での実際のシステムでの冷却熱量を求め、さらに、温水焚一重効用冷凍機を陸上養殖施設の周辺に設置し、冷凍機の熱効率を 0.7、エネルギーセンターから冷凍機までの温水配管ロスを 3%と仮定した場合の温水熱量を表 6-20 に示す。

表 6-19 必要冷却熱量

|      | 冷却熱量  | 熱伝達損失 | 壁面損失 | 配管損失 | 損失計  | 必要熱量  | 月間熱量    |
|------|-------|-------|------|------|------|-------|---------|
| 単位   | MJ/日  | MJ/h  | MJ/h | MJ/h | MJ/h | MJ/日  | MJ/月    |
| 7月枕崎 | 9.55  | 0.10  | 1.18 | 0.04 | 1.32 | 41.12 | 1274.69 |
| 8月三浦 | 4.56  | 0.08  | 0.94 | 0.03 | 1.04 | 29.60 | 917.62  |
| 8月境港 | 10.38 | 0.10  | 1.22 | 0.04 | 1.36 | 43.04 | 1334.20 |
| 8月枕崎 | 15.37 | 0.12  | 1.46 | 0.05 | 1.63 | 54.56 | 1691.28 |

表 6-20 モデルの必要冷却熱量及び必要温水熱量

|      | 必要冷熱量  | 必要温水熱量 |
|------|--------|--------|
| 単位   | MJ/月   | MJ/月   |
| 7月枕崎 | 22,495 | 33,099 |
| 8月三浦 | 16,193 | 23,827 |
| 8月境港 | 23,545 | 34,644 |
| 8月枕崎 | 29,846 | 43,916 |

次に、モデルの温水能力及び最大流量を求めると、表 6-21 のようになる。なお、冷凍機の入口温度を 80℃、出口温度を 75℃と仮定した。

表 6-21 モデルの温水能力及び最大流量

| 対象漁港                    | 三浦    | 境港    | 枕崎    |
|-------------------------|-------|-------|-------|
| 温水能力(MJ/h)              | 32.03 | 46.57 | 59.03 |
| 最大流量(m <sup>3</sup> /h) | 1.53  | 2.22  | 2.82  |

## (8) まとめ

以上をまとめると、モデルの必要温水熱量は、表 6-22 のようになる。

表 6-22 モデルの必要温水熱量

単位：GJ/月

| 水産都市 | 4月    | 5月  | 6月  | 7月 | 8月 | 9月  | 10月 | 11月   | 12月   | 1月    | 2月    | 3月    |
|------|-------|-----|-----|----|----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 八戸   | 1,190 | 864 | 543 | 0  | 0  | 331 | 816 | 1,244 | 1,582 | 1,724 | 1,540 | 1,592 |
| 石巻   | 1,089 | 746 | 401 | 0  | 0  | 0   | 684 | 1,126 | 1,467 | 1,634 | 1,464 | 1,500 |
| 三浦   | 829   | 484 | 0   | 0  | 24 | 0   | 416 | 877   | 1,242 | 1,409 | 1,270 | 1,197 |
| 境港   | 887   | 583 | 0   | 0  | 35 | 0   | 487 | 913   | 1,252 | 1,416 | 1,254 | 1,227 |
| 枕崎   | 582   | 278 | 0   | 33 | 44 | 0   | 0   | 615   | 1,039 | 1,170 | 1,029 | 921   |

# 6-4-3 エネルギー消費量の推定

モデルのエネルギー消費量を計算すると、表 6-23 及び表 6-24 のようになる。

表 6-23 モデルのエネルギー消費量（陸上養殖あり）

|               | 八戸      | 石巻      | 三浦      | 境港      | 枕崎      |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 蒲鉾工場MWh       | 7,727   | 7,869   | 8,212   | 8,206   | 8,470   |
| 高付加価値工場MWh    | 6,296   | 6,399   | 6,749   | 6,690   | 6,956   |
| 防災・観光棟MWh     | 4,140   | 4,192   | 4,356   | 4,331   | 4,359   |
| 製氷庫MWh        | 1,347   | 1,415   | 1,627   | 1,591   | 1,738   |
| 冷凍冷蔵庫MWh      | 1,554   | 1,602   | 1,755   | 1,731   | 1,836   |
| 陸上養殖MWh       | 238     | 238     | 238     | 238     | 238     |
| 電力合計MWh       | 21,302  | 21,715  | 22,938  | 22,787  | 23,598  |
| 電力二次エネGJ(①)   | 76,687  | 78,174  | 82,576  | 82,032  | 84,953  |
| 電力一次エネGJ      | 207,907 | 211,939 | 223,873 | 222,398 | 230,316 |
| 蒲鉾工場t         | 6,480   | 6,480   | 6,480   | 6,480   | 6,480   |
| 高付加価値工場t      | 1,602   | 1,602   | 1,602   | 1,602   | 1,602   |
| 防災・観光棟t       | 1,152   | 1,152   | 1,152   | 1,152   | 1,152   |
| 発生蒸気合計t       | 9,234   | 9,234   | 9,234   | 9,234   | 9,234   |
| 蒸気潜熱二次GJ(②)   | 25,134  | 25,092  | 24,962  | 24,983  | 24,893  |
| 必要ガス量千Nm3     | 722     | 721     | 717     | 718     | 715     |
| 蒸気ガス一次エネGJ    | 32,493  | 32,439  | 32,271  | 32,297  | 32,181  |
| 養殖温水二次エネGJ(③) | 11,427  | 10,112  | 7,747   | 8,054   | 5,711   |
| 必要ガス量千Nm3     | 296,263 | 262,171 | 200,856 | 208,824 | 148,074 |
| 温水ガス一次エネGJ    | 13,332  | 11,798  | 9,039   | 9,397   | 6,663   |
| 一次エネルギー計GJ(④) | 253,731 | 256,176 | 265,182 | 264,092 | 269,161 |
| 熱電比(=(②+③)/①) | 0.48    | 0.45    | 0.40    | 0.40    | 0.36    |

表 6-24 モデルのエネルギー消費量（陸上養殖なし）

|               | 八戸      | 石巻      | 三浦      | 境港      | 枕崎      |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 蒲鉾工場MWh       | 7,727   | 7,869   | 8,212   | 8,206   | 8,470   |
| 高付加価値工場MWh    | 6,296   | 6,399   | 6,749   | 6,690   | 6,956   |
| 防災・観光棟MWh     | 4,140   | 4,192   | 4,356   | 4,331   | 4,359   |
| 製氷庫MWh        | 1,347   | 1,415   | 1,627   | 1,591   | 1,738   |
| 冷凍冷蔵庫MWh      | 1,554   | 1,602   | 1,755   | 1,731   | 1,836   |
| 電力合計MWh       | 21,064  | 21,477  | 22,699  | 22,548  | 23,360  |
| 電力二次エネGJ(①)   | 75,829  | 77,316  | 81,718  | 81,174  | 84,095  |
| 電力一次エネGJ      | 205,581 | 209,613 | 221,547 | 220,071 | 227,990 |
| 蒲鉾工場t         | 6,480   | 6,480   | 6,480   | 6,480   | 6,480   |
| 高付加価値工場t      | 1,602   | 1,602   | 1,602   | 1,602   | 1,602   |
| 防災・観光棟t       | 1,152   | 1,152   | 1,152   | 1,152   | 1,152   |
| 発生蒸気合計t       | 9,234   | 9,234   | 9,234   | 9,234   | 9,234   |
| 蒸気潜熱二次GJ(②)   | 25,134  | 25,092  | 24,962  | 24,983  | 24,893  |
| 必要ガス量千Nm3     | 722     | 721     | 717     | 718     | 715     |
| 蒸気ガス一次エネGJ    | 32,493  | 32,439  | 32,271  | 32,297  | 32,181  |
| 一次エネルギー計GJ(③) | 240,400 | 244,378 | 256,143 | 254,695 | 262,498 |
| 熱電比(=②/①)     | 0.33    | 0.32    | 0.30    | 0.30    | 0.29    |

# 6-5 コージェネレーションシステム導入時の環境性評価

各水産都市の環境性評価は、表 6-25 及び表 6-26 のようになる。

表 6-25 モデルの環境性評価（陸上養殖あり）

|                      | 八戸      | 石巻      | 三浦      | 境港      | 枕崎      |
|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 最大電力kW               | 4,752   | 4,838   | 4,985   | 5,048   | 5,103   |
| CGS容量kW・基数           | 1000×5  | 1000×5  | 1000×5  | 1000×6  | 1000×6  |
| 太陽光発電能力              | 1,635   | 1,650   | 1,752   | 1,596   | 1,732   |
| CGS発電電力量MWh          | 10,945  | 11,091  | 11,306  | 11,350  | 11,512  |
| 太陽光発電電力量MWh          | 1,890   | 1,907   | 2,024   | 1,845   | 2,002   |
| 発電電力量MWh             | 12,835  | 12,998  | 13,331  | 13,195  | 13,514  |
| 削減電力一次GJ             | 125,270 | 126,857 | 130,107 | 128,786 | 131,899 |
| 発生蒸気量t               | 6,601   | 6,686   | 6,838   | 6,878   | 6,886   |
| 削減蒸気潜熱二次GJ           | 17,961  | 18,161  | 18,478  | 18,601  | 18,555  |
| 削減ガス量千Nm3            | 569     | 490     | 496     | 499     | 497     |
| 削減ガス一次GJ             | 21,840  | 22,033  | 22,313  | 22,450  | 22,369  |
| CGSガス量千Nm3           | 2,294   | 2,325   | 2,370   | 2,379   | 2,413   |
| CGSガス一次GJ            | 103,246 | 104,621 | 106,651 | 107,068 | 108,594 |
| 発生温水GJ               | 14,512  | 14,748  | 15,094  | 15,164  | 15,425  |
| 削減養殖温水二次エネGJ         | 9,488   | 8,645   | 7,330   | 7,704   | 5,711   |
| 削減ガス量千Nm3            | 246     | 224     | 190     | 200     | 148     |
| 削減ガス一次GJ             | 11,070  | 10,086  | 8,551   | 8,988   | 6,663   |
| 残り温水二次GJ             | 5,023   | 6,103   | 7,764   | 7,460   | 9,714   |
| 削減一次エネ計GJ            | 54,933  | 54,355  | 54,321  | 53,156  | 52,493  |
| 省エネ率%                | 21.7    | 21.2    | 20.5    | 20.1    | 19.5    |
| CO <sub>2</sub> 削減率% | 23.0    | 22.5    | 21.8    | 21.4    | 20.8    |

表 6-26 モデルの環境性評価（陸上養殖なし）

| 対象水産都市               | 八戸      | 石巻      | 三浦      | 境港      | 枕崎      |
|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 最大電力kW               | 4,634   | 4,720   | 4,867   | 4,930   | 4,985   |
| CGS容量kW・基数           | 1000×5  | 1000×5  | 1000×5  | 1000×5  | 1000×5  |
| 太陽光発電能力              | 1,635   | 1,650   | 1,752   | 1,596   | 1,732   |
| CGS発電電力量MWh          | 10,875  | 11,020  | 11,240  | 11,284  | 11,447  |
| 太陽光発電電力量MWh          | 1,890   | 1,907   | 2,024   | 1,845   | 2,002   |
| 発電電力量MWh             | 12,764  | 12,926  | 13,264  | 13,129  | 13,449  |
| 削減電力一次GJ             | 124,580 | 126,160 | 129,459 | 128,142 | 131,260 |
| 発生蒸気量t               | 6,558   | 6,645   | 6,798   | 6,841   | 6,901   |
| 削減蒸気潜熱二次GJ           | 17,845  | 18,050  | 18,370  | 18,503  | 18,596  |
| 削減ガス量千Nm3            | 565     | 487     | 493     | 497     | 498     |
| 削減ガス一次GJ             | 21,718  | 21,916  | 22,199  | 22,347  | 22,412  |
| CGSガス量千Nm3           | 2,280   | 2,310   | 2,356   | 2,365   | 2,399   |
| CGSガス一次GJ            | 102,580 | 103,948 | 106,024 | 106,446 | 107,977 |
| 発生温水GJ               | 14,398  | 14,633  | 14,987  | 15,058  | 15,320  |
| 削減一次エネ計GJ            | 43,718  | 44,128  | 45,634  | 44,043  | 45,696  |
| 省エネ率%                | 18.4    | 18.2    | 18.0    | 17.5    | 17.6    |
| CO <sub>2</sub> 削減率% | 19.9    | 19.7    | 19.4    | 18.9    | 19.0    |

また、以上をまとめて省エネ性評価を図示すると、図 6-4 のようになる。

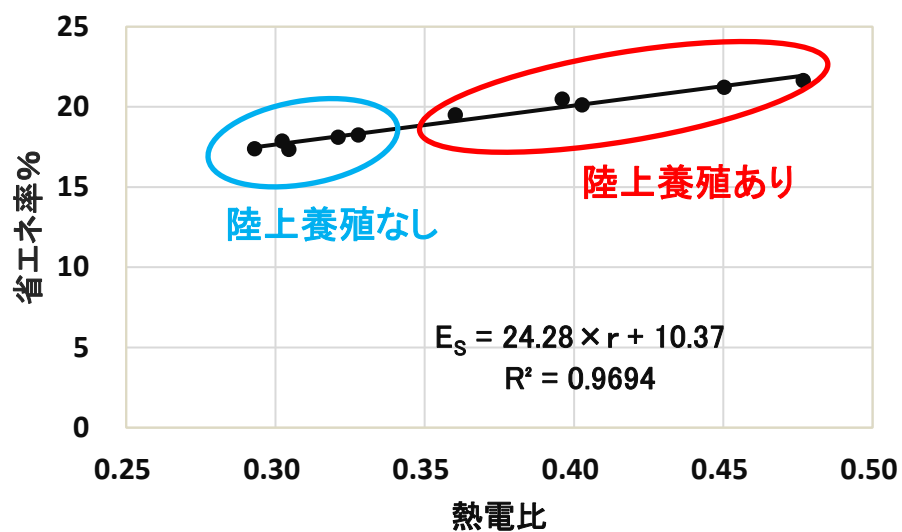


図 6-4 熱電比と省エネ性

これより、本モデルにおける省エネ率と熱電比は、次のように近似できる。

$$E_s = 24.28 \times r + 10.37 \quad (6-8)$$

$E_s$  : 省エネ率 (%)                       $r$  : 熱電比

## 6-6 まとめ

水産都市の再生を考慮したモデルは、地域的なばらつきはあるものの、平均して 2 割程度の省エネ率を期待でき、いずれの水産都市でも有効である。なお、陸上養殖の導入により、2～3%程度の省エネ率向上が図れる。

## 第6章の参考文献

- 1) 三浦市ホームページ、三浦市が直販する事業用地（二町谷地区分譲地）、2018.11  
[http://www.city.miura.kanagawa.jp/futamati/files/2012\\_hutamati/kigyoyuti\\_toppage\\_jigyoyoti.html](http://www.city.miura.kanagawa.jp/futamati/files/2012_hutamati/kigyoyuti_toppage_jigyoyoti.html)
- 2) 長崎市たちばな漁業協同組合ホームページ：  
<http://www.jf-tachibana.or.jp/yousyoku.html>
- 3) 横田英靖・佐土原聡・吉田聡、水産都市における環境・防災を考慮したエネルギーシステムに関する研究 第1報 基礎データの分析と標準モデルの設定、2014 年度日本建築学会大会梗概、2014.9
- 4) 忠田浩、空気調和・衛生工学便覧第14版 4 給排水衛生設備編 第20章 水族館水供給・処理設備 20・8 水温調整設備、2010.2
- 5) 三海正春、空気調和・衛生工学便覧第14版 4 給排水衛生設備編 第17章 水泳プール設備 17・9 加熱・冷却設備、2010.2





## 第 7 章

### 結論と展望



## 第7章 結論と展望

### 7-1 本研究の結論

#### 7-1-1 エネルギーデータ調査・分析の視点

- (1) 本研究では、数少ない実際の運転データと、統計・文献調査とを組合せて、エネルギー消費状況を推定した。その結果、水産都市ごとに違いがあり、一般的にどのようなことが言えるのか、ということを定量的に求めることは難しいことがわかった。これは、水産都市は漁港を中心として発展したが、その後の水産関連産業や周辺環境の変化による集積状況の水産都市ごとの相違、主要魚種や加工方法の違いによるエネルギー単位の違い等によるものと考えられる。
- (2) 製氷庫の電力消費量については水揚高と気温、冷凍冷蔵庫については冷凍保管温度と所管容積並びに気温との相関があり、実績データから回帰式で推定できる。
- (3) 水産加工工場の従業員1人当りの電力・蒸気・燃料消費量については、統計データにより、産業細分類別に把握できる。また、電力消費量については、生産電力、空調電力、冷蔵電力に大別できる。さらに、実績データから、空調電力及び冷蔵電力については気温との回帰式で推定できる。生産電力を稼働日については一定と仮定することにより、水産都市別の電力消費状況を推定できる。
- (4) 水産都市のエネルギー集積状況については、魚市場から車で5分以内に集積している割合が比較的多いが、必ずしもそうではない水産都市もある。製氷庫については魚市場周辺に立地している割合が高いが、冷凍冷蔵庫や水産加工工場については、それよりも遠方に立地している場合もかなりある。ただし、車で20分以内には多くの水産都市で概ね立地しており、水産物との鮮度との関係があるものと考えられる。

#### 7-1-2 環境・防災まちづくりの視点

- (1) 魚市場周辺地区に自営線を伴う電力供給を前提に、水産都市へのコージェネレーションシステム導入を仮説としてたてた。分析の結果、漁港周辺に水産加工施設が少ない三浦及び福岡については熱電比も省エネ率も小さく、対象都市からは除外することとした。その他の水産都市については省エネ性があり、コージェネレーションシステム導入には効果的であることがわかった。
- (2) 熱電比と省エネ率との関係は、理論とは異なりバラつきが大きい。水産加工工場の他に電力エネルギーを使用する魚市場、製氷庫、冷凍冷蔵庫があることや、コージェネレーションの稼働時間以外の電力エネルギーも加味して省エネ率を計算していることによるものであり、水産加工工場に限定して、稼働時間もコージェネレーションシステム

に揃えて計算をした結果、理論とほぼ一致することがわかった。

- (3) コージェネレーションシステムの導入を前提に、漁港周辺地区に水産関連施設を集積させた場合の試算結果から、分散より集約させた方が、水産都市全体の省エネ性が向上することがわかった。
- (4) 非常時の場合、水産関連施設に電力を供給しながら、地域の重要施設に自営線で電力を供給することは可能である。例えば災害発生直後に水産加工工場を休業とした場合、水産都市ごとの差異は大きい、夏期で 34～66%、冬期で 51～70%の電力量を、水産関連以外の地域電力として活用できることがわかった。
- (5) 非常時の太陽光発電の発電電力量は、需要量の 1～3%発電量は少ないものの、多重防護の視点から、太陽光発電は災害時電源として有効であることがわかった。

### 7-1-3 水産都市再生の視点

- (1) 全国的に生産が行われている蒲鉾工場、収益性の高い高付加価値工場、防災と 6 次産業化・観光視点を含めた防災観光棟（見せる工場・ショッピングセンター・レストラン・防災施設）、津波災害対策用の製氷庫及び冷凍冷蔵庫、水産資源・新産業創出を目的とした陸上養殖によるモデルを設定し、エネルギー視点から研究を行った。その結果、地域的なばらつきはあるものの、平均して 2 割程度の省エネ率を期待でき、いずれの水産都市でも有効であることがわかった。
- (2) 陸上養殖の導入により、3%程度の省エネ率の向上が図れることがわかり、陸上養殖を考慮することは、エネルギー視点からも有効である。

## 7-2 今後の展望

### 7-2-1 水産関連産業を巡る事業環境変化とエネルギー視点からの対応

- (1) 国際化を背景とした高度衛生管理によるエネルギー需要増加が懸念される。例えば、石巻魚市場の 2010 年度（2011.3 は 2 月と 4 月との平均値）と 2015.9～2016.8 の電力消費量を比較図示すると、図 7-1 及び図 7-2 のようになる。

条件を揃える等の詳細比較を行わないと定量的な結論は出せないが、①高度衛生管理に伴い、電力量は増加する、②高度衛生管理に伴い、空調電力の他、季節的変動の少ない関連機器や電気フォークリフト等のベース電力の増加が大きいことがわかる。
- (2) 水産関連産業については人手不足感が著しい。今後自動化や人工知能の導入が進展すると、更なる電力消費量の増大が予測される。
- (3) エネルギー増加に対応するためには、省エネルギーと新エネルギーの推進が必要である。例えば、①インバータ制御による電力抑制、②コンプレッサーの適正運用、③照明

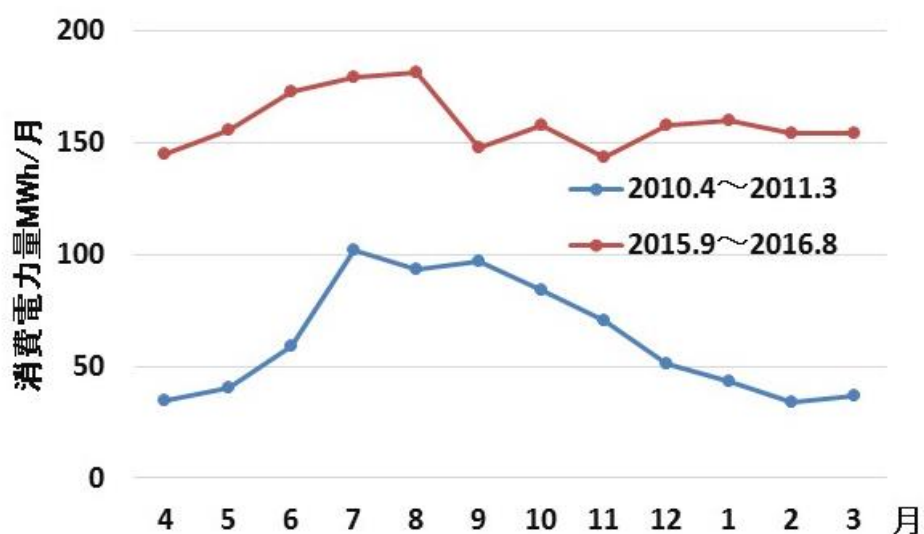


図 7-1 石巻魚市場の消費電力量の比較

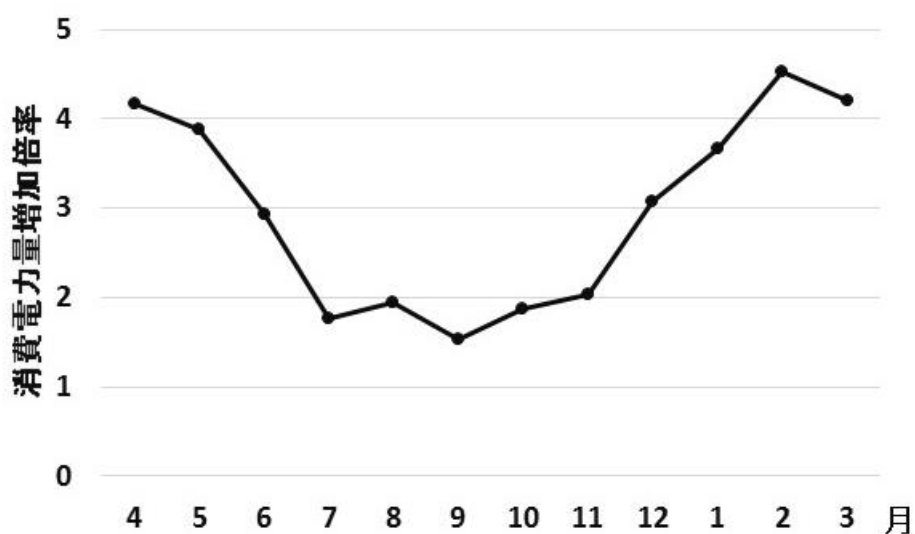


図 7-2 石巻魚市場の消費電力量増加倍率変化

の LED 化、④蒸気使用圧力を考慮した蒸気ボイラ吐出圧の低減、⑤空調利用時の換気に対する外調機の適正運用、⑥個別の建屋屋上に太陽光発電を設置する等のエネルギー消費量低減の方法が考えられる。特に、屋上への太陽光発電については水産加工工場での実績もあり有効である。

## 7-2-2 再生可能エネルギーの利用

- (1) 本研究は、副題の「コージェネレーションを中核とした場合の検討」を行ったものであるが、水産都市の周辺には様々な再生可能エネルギーがあり、今後の技術開発の進展により、新たなエネルギーシステムの導入を図ることが可能になる。漁港周辺でも再生可能エネルギーの利用がなされており<sup>1)~4)</sup>、特に今後は実証実験が行われている、洋上風力発電等に期待したい。
- (2) ドイツの水産都市であるクックスハーヘンでは、風力発電の発電量が多い時に冷凍冷蔵庫用の電力として活用し、発電量が少ない時には供給せず、電力調整をしている<sup>5)</sup>。冷凍冷蔵庫内の保管温度が変動するため、庫内の水産物の品質を調査分析する必要もあるが、電力調整の方法のひとつとして、また地域全体の環境性向上の一助として、我が国でも導入検討の価値があると考えられる。

## 7-2-3 水産都市全体の再生

- (1) 大規模漁港周辺の小規模漁港も含めて、水産関連産業の集約、雇用の創出、漁民文化の伝承、新たな水産関連産業の創出と若者の回帰、環境性の高い交通システム等、水産都市全体の再生を目指し、新たな取り組みが必要である。
- (2) 本研究は水産都市内の特定第三種漁港を対象としたものであるが、第2章で示したように、全国には3,000港近いその他の漁港がある。同じ水産都市内でも、伝統的な漁民文化や伝統的な漁法が異なる。また、これらの伝承者が少なくなっているのも現実である。小さな漁村であっても、その周辺は風光明媚な場所も数多く見受けられ、地域資源として活用を期待したい。一方、このような地区は少子高齢化が著しく、若者の他地域流出も多い。しかしながら、祭り等伝統行事の時期やお盆・正月には帰省して、地元の一員として活動しているのも事実である。
- (3) 現在水産業そのものが衰退傾向にあり、水産関連産業をはじめ水産都市全体の雇用環境も悪化していると考えられる。そこで、新たな水産関連産業を創出し雇用環境を改善することが求められる。雇用は大規模漁港周辺地区を中心として集約し、住居や文化の伝承は従来からの地域にというすみ分けを考えたい。また、漁港も従来のみで、水揚げを大規模漁港で行うという水産都市内の連携強化が望まれる<sup>6)</sup>。
- (4) 漁港周辺地域だけではなく、水産都市全体の環境性を考えた場合、交通システムも重要である。電気自動車は走行距離が短い場合には有効であり、充填所を水産都市内の例えば観光名所ごとに設置し、その電源は再生可能エネルギーから供給する。また、できるだけ自転車での移動を推進する等、総合的な環境都市宣言をする。
- (5) エネルギーを中心として水産都市が見直され、観光や学習あるいは研究の機会として注目されることを期待し、再びにぎわいを取り戻すことを願いたい。

## 第7章の参考文献

- 1) 漁村・漁港地域における自然エネルギーを利用した振興策の検討（平成 25 年度報告書）、一般財団法人東京水産振興会、 2014. 3
- 2) 漁村・漁港地域における自然エネルギーを利用した振興策の検討（平成 26 年度報告書）、一般財団法人東京水産振興会、 2015. 3
- 3) 漁村・漁港地域における自然エネルギーを利用した振興策の検討（平成 27 年度報告書）、一般財団法人東京水産振興会、 2016. 7
- 4) 山口圭太、廣部俊夫、漁港における自然エネルギーの活用について、国土交通省北海道開発局第 53 回（平成 21 年度）北海道開発技術研究発表会 No. 環 15、2010. 2
- 5) ナショナルジオグラフィック日本版ホームページ：  
<https://natgeo.nikkeibp.co.jp/nng/article/news/14/2509/>
- 6) 中村岳立・渡邊啓生・大内宏友、漁港と集落の再編における漁港内施設の機能分担と集約化に関する実証研究 ― 牡鹿半島における圏域の構成 ―、日本大学生産工学部第 47 回学術講演会講演概要、2014. 12

