

水温技術を活用した亜熱帯地域における  
水産コールドチェーン構築

—ミャンマー・ラカイン州における実証実験から—

大田 住吉（摂南大学）・ 佐々木 公之（中国学園大学）

Fisheries Cold Chain Construction in the subtropical zone area  
with Hyo-on Technology  
— with Proof Experiment in Rakhine State, Myanmar —

Sumiyoshi OHTA, Kimiyuki SASAKI

2020.2

「経営情報研究」Vol. 27, No. 1, 2 別刷

摂南大学経営学部

研究論文

氷温技術を活用した亜熱帯地域における  
水産コールドチェーン構築  
—ミャンマー・ラカイン州における実証実験から—

大田 住吉(摂南大学)、佐々木 公之(中国学園大学)

Fisheries Cold Chain Construction in the subtropical zone area  
with Hyo-on Technology  
— with Proof Experiment in Rakhine State, Myanmar —

Sumiyoshi OHTA, Kimiyuki SASAKI

【要約】東南アジアなど亜熱帯地域の発展途上国では、農水産物など一次産品を生産地(地方)から消費地(都市部)へ低コストで鮮度維持輸送する有効な物流手段を持たないケースが多く、経済発展上の大きな課題となっている。例えば、ミャンマーのベンガル湾に面するラカイン州沿岸は豊富な水産資源を有するが、十分なコールドチェーン(鮮度維持流通網)が整備されていないため、大量の魚介類が漁獲後に天日干しされ、飼料になっており、せっかくの天然資源が有効活用されていない。さらには、こうした課題に対し、現時点では世界各国のどの政府・企業も解決に着手しておらず、放置されたままとなっている。

本研究では、日本の先進技術である氷温技術を用い、現地において従来手法との比較輸送実験を行った。今回、日本から現地へ持ち込んだ氷温ジェルアイスを使用した輸送実験では、その実験データを過塩素酸抽出法により解析・検証した結果、従来の輸送方法と比較し、水産物の鮮度・うま味ともに十分な優位性が示された。

また、上記の実験結果をもとに、ミャンマー国内における「上流」から「下流」までの水産コールドチェーンの具体的な輸送ルートモデルを示し、その実現性について考察した。

キーワード

・氷温技術、氷温ジェルアイス、過塩素酸抽出法、水産コールドチェーン、ミャンマー

## 第1章 はじめに

### 1.1 本研究の目的と背景

わが国が1954年にODA(政府開発援助)を開始して65年が経過したが、東アジア地域をはじめ、これまで多くの開発途上国に対し、日本独自の先進技術・ノウハウ供与、人材育成等が行われてきたことは周知の事実である。外務省(2019)によれば、「日本の支援における対東・東南アジア支援の割合は、引き続き約50%を占める」[1]など、その中核的な役割を果たしている。

筆者らは、2016年以降、東南アジアのミャンマー連邦共和国(以下「ミャンマー」)において、(独法)国際協力機構(以下「JICA」)の支援事業申請へ向けた水産物のコールドチェーン(鮮度維持流通網)構築に関し、現地政府機関、関係企業・諸団体等へのヒアリングなど、様々な現地調査を重ねてきた経緯がある。東南アジア諸国の多くは、地理的に熱帯または亜熱帯地域に属するが、大都市を除く地方においては、日本では当たり前の冷凍・冷蔵車輸送やドライアイス保冷等ほとんど実施されておらず、加えて電力・道路事情など基本的な社会インフラ整備も十分ではない地域が多い。したがって、地方で収穫された一次産品(水産物、農作物など)を大都市圏まで鮮度維持したまま輸送できる物流手段がなく、せっかくの資源が有効活用されていない現状がある。

本研究は、亜熱帯地域であるミャンマーにおいて、わが国の先進技術のひとつである氷温技術(詳細後述)を活用した水産物(鮮魚)の輸送実証実験を行うとともに、その分析結果をもとに同国における水産コールドチェーンの構築について検証・考察するものである。

本研究の目的は、以下の2点に集約される。

- (1) 亜熱帯地域ミャンマーにおける水産物のコールドチェーン構築に向け、氷温技術が他の輸送方法に比較してどれほど優位性があるのか、現地において輸送実証実験を行い、その有効性を検証する。
- (2) 上記実験結果を踏まえ、ミャンマーにおける現状のインフラ整備の制約条件下、どのような水産コールドチェーンの構築が実現可能か、その具体的なモデルを示し、考察する。

### 1.2 ミャンマーの現状と課題

ミャンマー(人口約5,500万人)は、インドシナ半島の西部に位置し、中国、タイ、インドなど周辺5カ国と国境を接する(図1参照)。



図1 ミャンマーおよびラカイン州の位置  
(出典)白地図専門店[2]に一部加筆。

ミャンマーは、国土の大半が熱帯または亜熱帯地域に属する。国内最大都市ヤンゴン [注1] の年間最高・最低気温を東京と比較すると、11～15℃の差が見られる (図2参照)。

ミャンマーは、これまで約半世紀にわたり軍事政権下にあったため、近隣諸国に比べ経済発展が遅れ、「東アジア最後のフロンティア」と呼ばれてきた。国連統計によれば、

国民1人あたりのGDP (2017年) は1,264USドルであり、世界ランキングでは159位、東アジア主要国の中では最下位となっている (表1参照)。

こうした状況下、2015年にアウンサンスーチー氏率いる国民民主連盟 (NLD) が悲願の政権交代を果たして以降、同国に対し、日本政府から様々な支援策が講じられるようになった。例えば、同年7月には経済産業省が「ミャンマー産業発展ビジョン」をまとめ、電力不足の早期解消、エネルギーインフラの整備、物流インフラの整備、ティラワ経済特区 (ヤンゴン市郊外) の整備、農林水産業の潜在力の具現化等を謳ったレコメンデーションリストを策定するなど、両国の共通認識化が図られている。

しかしながら、こうした日本政府による同国への経済支援は、現時点では大都市部の大型開発プロジェクトの整備が中心となっており、地方企業 (とくに中小企業など) による具体的かつ実践的なビジネス支援の成功例は、未だほとんど見られないのが実態である [5]。

### 1.3 ミャンマーにおける水産業の現状と課題

水産業は、今後ミャンマーにおいて最も成長が期待される産業分野の代表例である。国連食糧農業機関 (FAO) の統計によると、ミャンマーは国民1人あたりのGDP (2017年) では前述のとおり世界ランキング159位であるのに対し、水産物の漁獲量・生産量は合計で3,199千トン、同ランキングでは第14位と、その位置づけが大きく変化する (表2参照)。

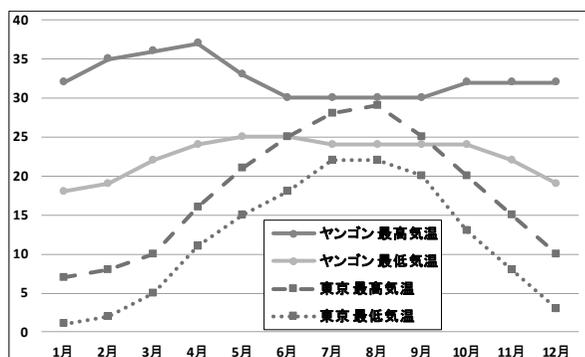


図2 ヤンゴンと東京の年間気温比較 (単位:℃)  
(出典)旅行.info [3] より作成。

表1 国民1人あたりのGDP  
世界ランキング  
(2017年、単位:US\$)

順位	国名	金額
9	シンガポール	57,713
16	香港	46,109
25	日本	38,440
30	韓国	29,891
36	台湾	24,577
70	マレーシア	9,813
75	中国	8,643
87	タイ	6,591
115	スリランカ	4,085
118	インドネシア	3,876
129	フィリピン	2,976
134	ラオス	2,542
136	ベトナム	2,354
143	インド	1,983
150	バングラデシュ	1,602
157	カンボジア	1,390
159	ミャンマー	1,264

(出典)GLOBAL NOTE[4]。  
原典は、国連食糧農業機関 (FAO)。

表2 水産物の漁獲量・養殖生産量国際比較(2017年)

順位	国名	漁獲量		養殖生産量		合計 千トン
		千トン	構成比	千トン	構成比	
1	中国	15,577	19.5%	64,358	80.5%	79,935
2	インドネシア	6,736	29.8%	15,896	70.2%	22,632
3	インド	5,450	46.9%	6,182	53.1%	11,632
4	ベトナム	3,278	51.1%	3,831	59.7%	6,420
5	米国	5,040	92.0%	440	8.0%	5,480
6	ロシア	4,879	96.3%	187	3.7%	5,065
7	日本	3,274	76.2%	1,022	23.8%	4,296
8	ペルー	4,185	107.0%	100	2.6%	3,912
9	バングラデシュ	1,801	46.4%	2,333	60.2%	3,878
10	フィリピン	1,890	45.8%	2,238	54.2%	4,128
11	ノルウェー	2,533	71.8%	1,309	37.1%	3,530
12	韓国	1,366	37.2%	2,306	62.8%	3,672
13	チリ	2,334	65.7%	1,220	34.3%	3,554
14	ミャンマー	2,150	67.2%	1,049	32.8%	3,199
15	タイ	1,479	59.3%	890	35.7%	2,493

(出典) GLOBAL NOTE[6]。原典は、国連食糧農業機関 (FAO)。

一方で、現在ミャンマーの水産関連産業において最大の懸念と言えるのがコールドチェーン構築に関する諸課題である。コールドチェーンとは、収穫から加工、物流、販売、消費までの一連の流通サプライチェーン (Supply Chain) において、食品等の鮮度が維持されることを意味する。

コールドチェーンは、農水産業など第一次産業ビジネスにとって基本的な必要条件であり、わが国では当然ながら、生産地から消費地に至るまでの輸送手段、保管設備等が整備され、徹底して品質管理される。しかし、ミャンマー (とくに大都市圏を除く地方) におけるコールドチェーンは、亜熱帯地域であるにもかかわらず、残念ながら「日本よりも40～50年以上遅れているレベル」(現地政府関係者) と言わざるを得ない。こうした地域では、ドライアイス、冷凍庫といった基本的な冷凍・冷蔵設備が圧倒的に不足しており、最悪のケースでは電力設備など初歩的な社会インフラすら整備されていない地区もある。

本研究では、ミャンマーの14行政管区のうち、最西端に位置し、ベンガル湾に面するラカイン州 (図1) にフォーカスしている。なぜ、同州に着眼するかと言えば、現在のミャンマー水産業における様々な諸課題を考察するうえで、同州が最も象徴的な地域だからである。ラカイン州は、海洋漁業が盛んな地域であるが、ミャンマー水産業全体に占める漁獲量の割合は概ね13～14%程度にとどまる (表3参照)。

表3 ミャンマー水産業におけるラカイン州のシェア (単位: トン)

	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年
ミャンマー全体	1,962,230	1,919,000	1,970,550	1,953,510	2,072,390
うちラカイン州	261,393	267,016	274,400	276,403	272,101
ラカイン州シェア	13.3%	13.9%	13.9%	14.1%	13.1%

(出典) ラカイン州政府資料。ミャンマー全体は国連食糧農業機関 (FAO)。

筆者らのこれまでの現地調査によれば、ラカイン州の主要漁港である GWA（写真1）および SATTWA 漁港周辺におけるコールドチェーンの水準は以下の様なレベルであった。



写真1 ラカイン州 GWA 漁港

- (1) 両漁港周辺では、「ここ1～2年でようやく電気が通じた」（現地水産業者）というインフラレベルである。漁業組合の施設倉庫には製氷機が1台設置されているが、停電や日中の電力変動等は日常茶飯事であり、あまり活用されていない。
- (2) 両漁港沿岸海域では、エビ類、ハタ類、太刀魚などの魚種が安定的に漁獲されている。しかし、冷凍・保冷施設が圧倒的に不足しているため、その多くが生の状態のまま天日干しされ、飼料になっている（写真2）。
- (3) 水揚げした魚の切り落とし、内臓の取り出しといった基本的な一次作業も、地元漁業組合の婦人たちが炎天下の粗末な加工施設で、全て手作業で行っている（写真3）。



写真2 GWA 漁港における魚の天日干し



写真3 漁港周辺での魚の一次加工作業

- (4) 天日干しまたは一次加工された魚類は、トラックやオートバイでヤンゴンなど大都市圏に運搬される。しかし、主要漁港の SATTWA 漁港、GWA 漁港→ヤンゴン間は山越えで片道約8～10時間を要し、亜熱帯地域である同国内では、例え氷詰めしても目的地到着までにほとんどが融けてしまう。
- (5) ミャンマーは、国内主要都市間には高速道路が開通し、冷蔵・冷凍車輸送が一部導入されているものの、大都市圏以外の地方とのインフラ格差は著しく、経済成長の大きな妨げとなっている。
- (6) さらに、こうした現状の課題解決に向けた取り組みは、現時点においては世界各国のどの政府・企業等も着手しておらず、放置されたままとなっている。

以上のとおり、ミャンマー（ラカイン州など地方）は、豊富な水産資源など高い潜在力を持ちながらも、現時点においてはその能力を十分に活かしきれていない、と結論づけられる。

## 第2章 先行研究の課題

上述の様なミャンマー（とくに大都市圏を除く地方）のコールドチェーン事情や水産物の流通プロセスについては、これまでも多くの先行研究によって課題が指摘されている。

例えば、高木ら（2014）は「エビの輸送経路は、シンマ村→グエサウン中心部までがバイク輸送、そこでトラックに積み替えられ、中継地チャウンター、さらにトラックでエヤワディ管区の州パティンの加工工場へ運ばれる（図3参照）。（中略）取引が成立したエビは氷詰めになれ輸送されるが、氷はグエサウンには製氷会社がないため、近隣のチャウンターという町から購入している。氷の値段は500<sup>リットル</sup>程度のコンテナ1箱で1万5千チャット（約1,500円）と、公務員給与（月額10～20万チャット）と比較すると、なかなか高額である」[7]と述べる。

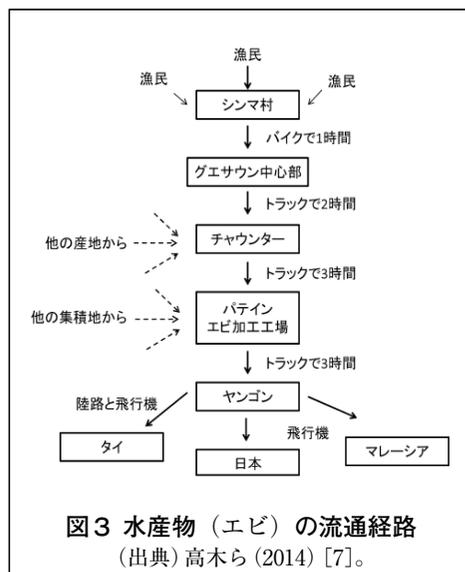
また、農林水産省（2015）は、コールドチェーンの現状について「多くの地域でコールドチェーン設備の質が悪く、平均で15～20%が損失する」[8]と指摘する。

さらに、(株)大和総研（2013）は、保冷輸送手段について以下のとおり指摘している [9]。

- (1) ミャンマーではコールドチェーンがほとんど整備されていないため、食品を冷蔵・冷凍状態に保ったまま流通させることは非常に難しい。
- (2) 例えば、輸送面では国内には大型の40フィート冷凍・冷蔵コンテナ（リーファーコンテナ）を直接輸送できるトラックが存在しないため、輸入された大型コンテナは、小規模な保冷機能付きトラックに積み替えて輸送する必要がある。しかし、保冷車を保有しているのは一部の大手小売企業や倉庫会社（20社程度）に限られている上、保冷車の数も少ない。

一方、JETRO（2017）は、コールドチェーン構築に不可欠な電力事情について「ミャンマー政府は2030年までに国内の100%電化率を目指している。電化率は2006年は16%であったが、11年26%、15年34%と向上している。主要都市では、ヤンゴン市内の電化率は78%と最も高く、カヤー46%、マンダレー40%、ネピドー39%と続く。地方の電化率は20%に満たない」[10]と述べている。

以上、先行研究においては、総じて現状についてある程度課題が指摘されている。しかし、それらの課題をどう解決するのかという具体的な解決策、戦略の方向性が示されている訳ではない。



### 第3章 本研究における課題解決手法

#### 3.1 氷温技術の活用による課題解決

本研究では、亜熱帯地域ミャンマーにおける水産コールドチェーン構築に向けた課題解決手法として、(公社)氷温協会(鳥取県米子市)が開発した氷温技術に着眼した。

氷温技術は、1970年に当協会の初代理事長である山根昭美氏(農学博士。当時は鳥取県食品加工研究所長)が二十世紀梨を用いてCAガス低温貯蔵試験中に、0℃以下でも食品が凍らずに、生き続けることのできる未凍結温度領域を発見したことに始まる。

水は0℃で凍るが、魚、肉、野菜や果物などは0℃では凍らず、マイナス3～4℃程度まで生き続けるのである(図4参照)。山根氏は、0℃からそれぞれの食品が凍り始める温度(氷結点)を「氷温域」と名付け、従来の食品貯蔵学の概念をくつがえしたのである[12]。なぜ、氷温域で食品を保存することが、他の保冷方法と比較して優位性があるのか、山根(2015)は冷蔵、冷凍、氷温の3つの保存方法を比較している(表4参照)。

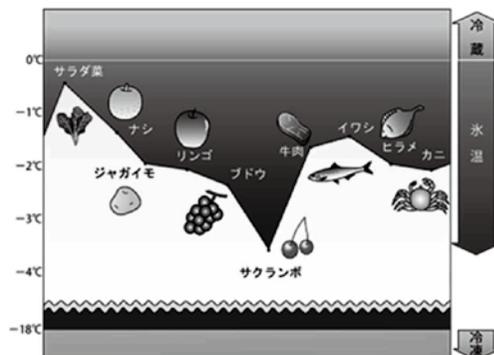


図4 食品の氷温域  
(出典)(公社)氷温協会ホームページ[11]。

表4 冷蔵、冷凍、氷温の保存方法の比較

	冷蔵保存	冷凍保冷	氷温保冷
温度域	・0℃～+5℃前後の温度領域	・0℃からマイナスの温度領域(具体的には-18℃以下)	・0℃からものが凍るまでのマイナスの温度領域
貯蔵期間	・生鮮食品の一時保管や短期間の貯蔵は可能であるが、長期保蔵は困難。	・条件にもよるが、冷蔵、氷温よりも長期貯蔵が可能。	・冷凍より貯蔵期間は短いですが、冷蔵と比較して3～4倍の長期貯蔵が可能。
品質特性	・生の状態を保ったまま保存可能だが、風味・味覚の低下を抑制するのみ。風味・味覚の向上効果等は期待できない。 ・温度が比較的高い分、細胞の働きは活発で鮮度落ちが早く、貯蔵期間は短期間に限られてしまう。	・安全・衛生面で優れるが、細胞内の水分が凍って大きな氷結晶を形成し、細胞を破壊するため、解凍時に栄養分や旨味成分が流出してしまう。	・氷結による細胞破壊がない。また、雑菌が繁殖せず、新鮮な味覚・風味を保持したまま保存可能。 ・氷温熟成、乾燥処理技術等を施すことにより、うま味、甘みが向上し、旬の味を持つ各種氷温食品の開発が可能。
設備費	仕様、容積(大きさ)、使用温度範囲等と異なるが、コスト的には概して、冷凍>氷温≧冷蔵である。		
電気料金	冷蔵庫、冷凍庫、氷温庫の年間電気料金(1坪、3坪、5坪、10坪、15坪の平均値)で比較すると、概して、冷蔵1に対し、冷凍2.46、氷温1.19である。		

(出典)山根(2015)[13]に一部加筆し、筆者作成。

氷温保冷の最大の特徴は、以下の2点である。

- (1) 冷蔵に比べ、3～4倍の長期貯蔵が可能である。
- (2) 氷結による細胞破壊がないため、雑菌が繁殖せず、味覚・風味を保持したまま保存可能で

ある。さらに、熟成等により、うま味・甘味が向上する。

なお、氷温関連技術は、これまでに計689件の関連知財が出願されており[注2]、うち当協会(研究スタッフ含む)による出願も数十件に及ぶ。当協会の現在の会員数は全国248の企業・団体であり、氷温食品として認定されている食品は累計787品目(2019年10月末現在)にのぼる。最近では、2016年に大手コンビニチェーンのセブンイレブンがギフトカタログに氷温食品を採用するなど、全国の多くの企業等で使用されるようになっている。

### 3.2 氷温ジェルアイス輸送による比較実証実験

本研究では、ミャンマーの現地事情を勘案し、氷温技術の中でもとくに低コストかつ実用性の高い「氷温ジェルアイス」(写真4)の活用を選択した。

氷温ジェルアイスとは、「直径0.1~0.5mm程度の細かい球状の水粒(-1~-2℃)であり、海水をろ過殺菌した後、円錐製氷装置にて連続的に製造される。塩分濃度を変えることにより、温度を自由に調整することが可能。従来の角氷や削氷等と比較して製氷コストは低く、鮮魚など生鮮物に対する冷却効果は非常に高い」とされる[14]。



写真4 氷温ジェルアイス  
(出典)(公社)氷温協会ホームページ[15]。

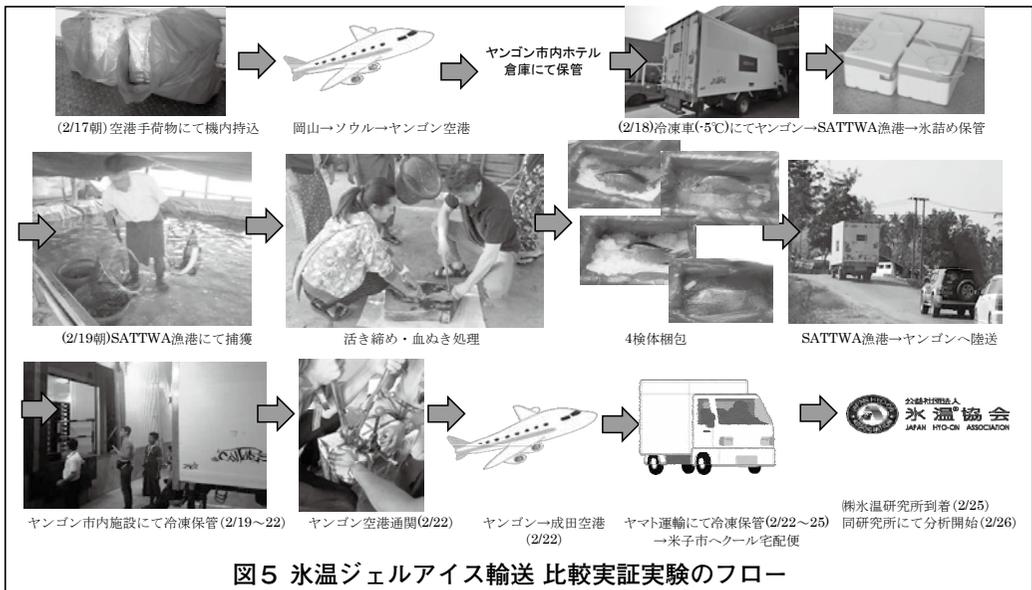
その選択理由は、以下のとおりである。

- (1) ミャンマー(大都市圏を除く地方)における現状のインフラ整備レベルを勘案すると、実用性やコスト面など、現地において持続可能な課題解決手法が不可欠である。氷温ジェルアイスは、海水から製造されるため、機器の初期導入コストこそ必要だが、ランニングコストは冷凍・冷蔵(チルド)輸送等と比較しても極めて低く、現地において持続的な利用が期待できる。また、微小氷と冷海水を混合したジェル状の水であるため、「魚体をやわらかく包み込むことで、輸送中のスレ傷の発生を抑制できることから、鮮魚の輸送に適している」[16]とされる。
- (2) ミャンマーの地方部では、日本では当たり前の冷蔵・冷凍設備が不十分であり、ドライアイスさえ入手困難な状況である。また、日本で一般的に利用される保冷車(冷凍車、チルド冷蔵車など)による輸送を行った場合、「ミャンマーでは、保冷車輸送は通常輸送の約1.8倍のコストがかかる。また、ラカイン州など道路事情が悪い地域では、悪路走行の振動で保冷ドアのロックが壊れるリスクがある」(現地進出の日系物流企業)との指摘があり、現実的な解決手法とはいえない。
- (3) 水産物(とくに魚類)の場合、鮮度維持に加え、いわゆる「うま味成分」が商品価値を大きく左右する。魚類のうま味成分は、生物のストレスに対抗する生体防衛反応と密接な関係があるが、「氷温ジェルアイス」の活用によりイノシン酸、遊離アミノ酸等のうま味成分が増加し、熟成による品質向上が見られることは、これまで多くの先行研究によって明らかに

されている。例えば、福岡ら（2004）は「マアジを用いた試験において、特にイノシン酸をイノシンに分解する酵素の活性が（冷蔵貯蔵 100 に対して）約 57%に抑制されていることが確認された」[17] とし、「水産物において、氷温貯蔵は鮮度低下を抑制しながら、うま味を保持しうる技術であるといえる」[18] と述べている。

### 3.3 実証実験の具体的手法

本研究における氷温輸送比較実証実験（2019年2月17日（日）～26日（火））の具体的フローは、図5のとおりである。



- (1) 日本出発日（2/17）の早朝、水産加工会社 A 社（鳥取県米子市）[注 3]にて製造した氷温ジェルアイス（-2℃）を専用樹脂容器 2 ケースに入れた後、岡山空港より機内持ち込みによりヤンゴン空港まで空路輸送。当日夜は、宿泊ホテル（ヤンゴン市内）の冷暗倉庫にて保管した。
- (2) 翌 2/18、現地進出日系物流企業 B 社 [注 4] の冷凍車（-5℃）にジェルアイス容器を搭載。冷凍車と普通車（4WD）の計 2 台の車両で午後ヤンゴンを出発し、ラカイン州 SATTWA 漁港へ向かった（片道約 10 時間）。
- (3) 翌 2/19 朝、SATTWA 漁港にて漁獲されたイソフエフキダイ（学名：Lethrius atkinsoni、写真 5）4 匹を輸送実験用検体として用いた。検体は、漁獲直後に生き締め・血抜き処理を行い、それぞれの梱包ケースに詰めた。
- (4) 輸送実験は、氷温ジェルアイス輸送の有効性を検証するため、



写真 5 実験用魚種

- A. 氷詰め(従来手法) + 普通車輸送(気温 33℃)
- B. 氷温ジェルアイス + 普通車輸送(同)
- C. 氷詰め(従来手法) + 冷凍車輸送(気温 -5℃)
- D. 氷温ジェルアイス + 冷凍車輸送(同)

の計4通りの輸送を行い、検証することとした(図6参照)。

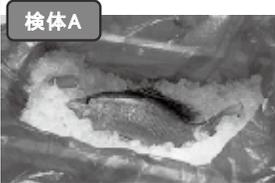
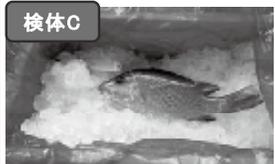
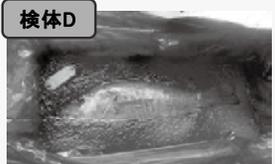
区分	氷詰め	氷温ジェルアイス詰め
 普通車輸送(33℃)	 検体A	 検体B
 冷凍車輸送(-5℃)	 検体C	 検体D

図6 4通りの実験検体

- (5) 2/19(火) 9:25、SATTWA 漁港を車両2台で出発。日中気温 33℃の環境下、ヤンゴンまで片道約 10 時間の陸路運送。ヤンゴン到着後は、通関日まで市内の冷凍施設で4ケースごと冷凍保管した。
- (6) 2/22(金) 午後、ヤンゴン空港にて通関手続き後、成田空港まで空輸。成田空港到着後は、ヤマト運輸の冷凍施設にて2/25(月)まで保管した(ドライアイス補充)。
- (7) 2/25(月)、成田空港から(株)氷温研究所(鳥取県米子市)まで、クール宅配便にて陸送。当日夕刻到着。
- (8) 翌2/26(火)、同研究所にて鮮度分析等を実施した。

以上のとおり、今回の実験ではヤンゴンでの通関処理および週末休日等の関係により、結果的に氷温ジェルアイス製造(2/17早朝)から(株)氷温研究所での分析開始(2/26)まで約9日半を要した。

### 3.4 過塩素酸抽出法による分析結果の検証

本研究では、鮮度とうま味分析に重点を置いた。実験検体の分析は、全て氷温技術の発明・管理者である(株)氷温研究所に委託した。同研究所では、4匹の実験検体から各々魚片サンプル(2g × 3カ所)を抽出し、過酸化塩素酸液を使用した鮮度分析(ATP 関連化合物分析を含む)、微生物検査および遊離アミノ酸分析等を行い、分析データを解析した。主な分析作業のフローは、図7のとおりである。



実験4 検体の鮮度および品質検査結果を表5に示す。なお、本研究では、鮮度分析については代表的指標であるK値を用いている。K値は、以下の式で算出され、数値は低いほど良く、一般的には20%以下が生食用とされる(図8参照)。

$$K値(\%) = \frac{HxR+Hx}{ATP+ADP+AMP+IMP+HxR+Hx} \times 100$$

HxR：イノシン、Hx：ヒポキサンチン、ATP：アデノシン三リン酸、ADP：アデノシン二リン酸、AMP：アデノシン一リン酸、IMP：イノシン一リン酸

K値(%)	0	10	20	35	60~
活魚、洗い	[Progress bar from 0 to 10]				
刺身	[Progress bar from 0 to 20]				
一般鮮魚販売	[Progress bar from 0 to 35]				
加熱調理用	[Progress bar from 0 to 60]				
食不適	[Progress bar from 0 to 100]				

図8 K値の目安

(出典)小関ら(2006)[19]に一部加筆。

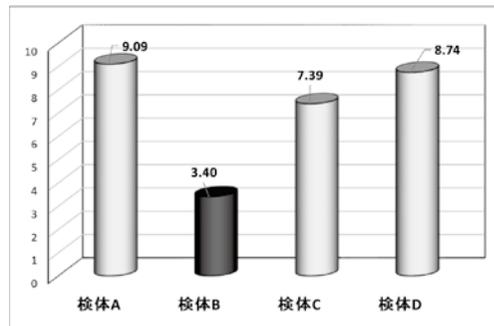


図9 検体A～DのK値分析結果

表5 実験4検体の鮮度および品質検査結果

検査区分	項目	検体区分	検体A	検体B	検体C	検体D
		保冷形式	氷詰め	氷温JI	氷詰め	氷温JI
		輸送車両	普通車(33℃)		冷凍車(-5℃)	
鮮度分析	K値(%)		9.09	3.40	7.39	8.74
	ATP 関連化合物	ATP (アデノシン三リン酸)	0.20	0.22	0.21	0.19
		ADP (アデノシン二リン酸)	0.24	0.27	0.25	0.24
		AMP (アデノシン一リン酸)	0.45	0.49	0.46	0.46
		IMP (イノシン酸)	7.31	9.05	8.36	6.49
		HxR (イノシン)	0.00	0.01	0.00	0.00
		Hx (ヒポキサンチン)	0.82	0.35	0.74	0.70
		Total (μmol/g)	9.02	10.39	10.02	8.08
微生物検査	一般生菌数		7.3×10	2.0×10	4.0×10	1.5×10
	大腸菌群数		陰性	陰性	陰性	陰性
遊離アミノ酸分析	①	Asp (アスパラギン酸)	0.0	1.7	0.0	0.0
	②	Glu (グルタミン酸)	3.4	15.8	15.4	2.5
	③	Thr (トレオニン)	0.0	0.4	0.0	0.0
	④	Ser (セリン)	0.0	0.0	0.0	0.0
	⑤	Pro (プロリン)	0.0	0.0	0.0	0.0
	⑥	Gly (グリシン)	0.0	0.5	0.0	0.0
	⑦	Ala (アラニン)	0.0	1.5	0.0	0.0
	⑧	Cys (システイン)	0.0	0.0	0.0	0.0
	⑨	Val (バリン)	0.0	2.4	0.6	0.0
	⑩	Met (メチオニン)	0.0	0.0	0.0	0.0
	⑪	Ile (イソロイシン)	0.0	7.6	0.0	0.0
	⑫	Leu (ロイシン)	2.5	5.5	2.0	3.3
	⑬	Tyr (チロシン)	0.0	0.0	0.0	0.0
	⑭	Phe (フェニルアラニン)	0.0	0.0	0.0	0.0
	⑮	His (ヒスチジン)	63.7	256.4	5.9	86.5
	⑯	Lys (リシン)	1.5	3.1	1.5	0.9
	⑰	Arg (アルギニン)	0.0	0.0	0.0	0.0
Total (μg/g)		71.1	294.9	25.4	93.2	
検出アミノ酸数		4	10	5	4	

(注) ㈱氷温研究所による分析データ。数値は、各々の検体魚片サンプル 2g × 3カ所の平均値。

- 実験4検体の鮮度および品質(うま味成分など)分析結果のポイントは、以下のとおりである。
- (1) 鮮度を示すK値は、検体A～Dともに当初期待以上の好結果となった。とくに、検体B(氷温ジェルアイス使用、普通車輸送)のK値は3.40と低く、このまま生で食べても全く問題ないレベルであった(図9参照)。これは、今回の実験において、漁獲直後に活き締めをしている点も影響していると考えられる。
  - (2) ATP関連化合物分析においては、検体Bがうま味成分であるイノシン酸含有率が最も高かった。
  - (3) 一般生菌数は、唯一空気に触れる可能性が高い検体A(氷詰め、普通車輸送)の数値でも実用上問題ないレベル。その他の検体については、ほとんど問題にならない数値である。

(4) 遊離アミノ酸分析では、検体Bが10項目のアミノ酸を検出した。(株)氷温研究所 F 研究開発部長によれば、「多様なうま味、栄養素がある可能性が示唆されていると言える」とのことである。

なお、今回の実証実験においては、氷温ジェルアイス輸送開始から実験検体分析まで約7.3日(174時間)を要しており、このうち氷温ジェルアイス輸送時間は漁獲・梱包直後からヤンゴン到着までの約11時間、つまり全体の約6.3%に過ぎない。しかし、上記の分析結果を見る限り、とくに検体B(氷温ジェルアイス使用、普通車輸送)は、鮮度、うま味ともに多くの項目で高い数値を示した。漁獲直後に氷温ジェルアイス輸送を選択することで、例えば日中高温の状況下の普通車輸送であっても、鮮度および品質維持輸送手段として十分機能する、つまり亜熱帯地域ミャンマーにおいて、冷凍・冷蔵輸送が普及していない地方から都市部への保冷物流に、氷温ジェルアイスが十分その代替機能を果たすことが明らかになったと言える。

## 第4章 水産コールドチェーンの構築に向けて

### 4.1 水産コールドチェーン主要輸送ルートモデル

前章で述べた実証実験結果を踏まえ、本章では亜熱帯地域ミャンマー・ラカイン州から大都市ヤンゴンまで輸送後に、どのような水産コールドチェーンモデルが構築可能なのかについて考察する。

図10に、日系現地法人B社(本社・広島県)へのヒアリング結果等をもとに作成した水産物のコールドチェーンの4つの主要輸送ルートモデルを示す。

#### ① Mルート

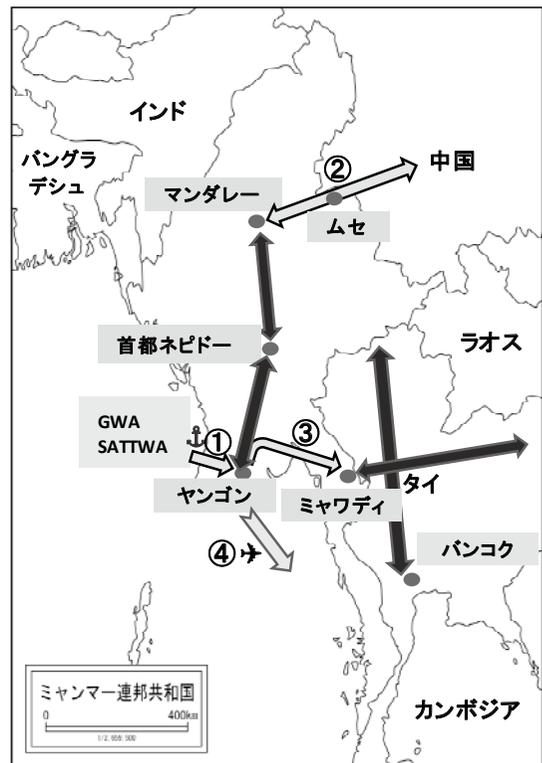
ヤンゴン近郊の飲食店・ホテル等をはじめ、国内2大都市間(ヤンゴン⇄マンダレー)を縦断する高速道路(2011年全線開通)を利用し、首都ネピドー、マンダレーなどミャンマー国内の主要大都市圏への消費物流ルート

#### ② Cルート

上記①に加え、国境都市ムセを経由した中国・雲南省などへの対中物流ルート

#### ③ Tルート

ヤンゴンから国境都市ミャワディを経



⇨ 一般道路 ⇨ 高速道路

図10 水産コールドチェーンの輸送ルート(出典)白地図専門店[1]。B社へのヒアリングをもとに加筆。

由し、隣国タイへの国境物流ルート(一部、船舶輸送も想定)

④Jルート

ヤンゴン空港から日本などへの空輸ルート

以上の4つの主要輸送ルートおよびミャンマー国内の水産コールドチェーン構築の可能性について、B社ヤンゴン支店長のF氏は以下のように述べる。

- (1) 現在、ミャンマーの水産コールドチェーン構築を考える上での最大の課題は、地方から大都市圏まで「どう運ぶか」である。氷温技術など日本の先進技術を利用し、国内最大の消費都市であるヤンゴンまで鮮度維持輸送が可能であれば、十分ビジネスとして成立する。ヤンゴン近郊では、食品スーパー、外国人向けのホテル、日本食レストランなど一定程度の消費市場が形成されている。例えば、ヤンゴン市内の外国人向け食品スーパーでは、エビ、タコ、川魚などの水産物(冷凍魚)が1,000~2,000チャット/100kg(参考:2019年2月JICAレート:1チャット=0.0824円)で販売されている(写真6~7)。



写真6~7 ヤンゴン市内の外国人向け食品スーパーで販売される水産物

- (2) また、ヤンゴンまで保冷輸送できれば、その後は自社で保有する保冷トラックが十分活用可能である(写真8)。例えば、既に完成している高速道路(ヤンゴン⇄マンダレー間)を活用した複数の物流ルートが考えられる。ヤンゴン⇄マンダレー間は、一般道路利用では通常約20時間を要するが、この高速道路を利用すれば9~10時間で走行可能である。弊社は、現在国内で数社しか認可されていない高速道路利用の特別ライセンスを保有している。

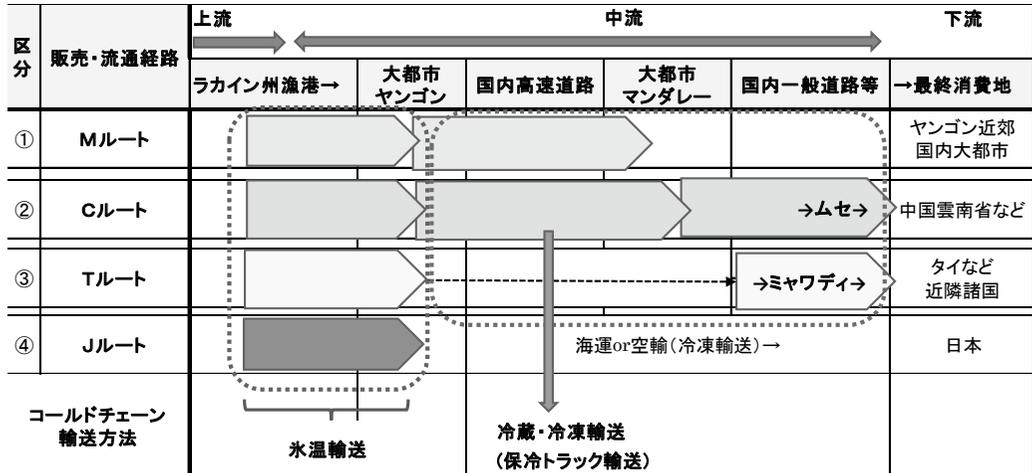


写真8 B社ミャンマー現地法人

- (3) 物流は、往路・復路の双方向で一定の集荷確保があって初めて成立するが、隣国の中国やタイからは様々な日用品などがミャンマー国内に流入している。したがって、水産資源の豊富なミャンマー西海岸地域(ラカイン州など)で漁獲された水産物をヤンゴンまで保冷輸送できれば、中国、タイ、日本など各々の市場ニーズに合わせた鮮魚ビ

ジネスが可能となる（図 11 参照）。

図 11 水産コールドチェーンモデルの可能性



(注) M,C,T,J ルートは、それぞれミャンマー、中国、タイ、日本への流通を示す。  
 (出典) B社へのヒアリング結果等を踏まえ、作成。

(4) なお、ミャンマー国内（とくに地方）では道路事情が悪く、また保冷車は一般のトラックに比べ約 1.8 倍のコストがかかることから、保冷車の使用は極力最小限にとどめたい。

#### 4.2 本格的な水産コールドチェーン構築に向けて

一般論として、発展途上国におけるサプライチェーンや流通市場は、当該国の経済発展とともに徐々に整備・形成されていく。もちろん、そのためには先進国による様々な技術・ノウハウ支援が不可欠である。電力、道路・鉄道網等のハードインフラに加え、「川上」から「川下」までの流通チェーン構築のための業者間情報通信ネットワーク、トレーサビリティの確立等のソフトインフラの両面にわたる継続的支援が必要となる。ただし、それには相応の年月が必要であるため、発展途上段階においては本研究で述べたような機動的・実践的な課題解決手法が重要な役割を果たす。

ミャンマーにおける流通チェーン構築に向けては、隣国タイがそのベンチマーキングとなる。タイでは、既に多くの日本企業が進出し、著しい経済発展を遂げている。(株)日本政策投資銀行(2015)は、「タイでは、ハイパーマーケットやコンビニエンスストアを中心に近代的な食糧雑貨店が店舗数・売場面積を大きく拡大している。また、伝統的な屋台等の外食市場が減少あるいは限定的な伸びにとどまる中、レストランやファストフード、カフェ/バーなどの売上高が大きく増加しており(図 12 参照)、こうした冷凍冷蔵食品を扱う近代的で衛生的な小売/外食店舗の増加が、所得水準の向上や人口増と相まって冷凍冷蔵食品市場の拡大を牽引している」[20]と述べる。

以上の考察・検証を踏まえ、ミャンマーにおいて今後本格的な水産コールドチェーンが構

築されるためには、チェーンの「川上」から「川下」に至るまで、以下の点がポイントとして挙げられる。

(1) チェーンの「上流」では、わが国などで技術研修を終えたスタッフが指導役となり、現地の加工技術レベルを向上させる教育訓練の仕組みづくりや設備機器の導入を図ることが必要である。さらには、現地政府機関等との連携のもと、養殖技術の向上など持続性ある水産資源管理に努めることが重要である。

今回、現地実証実験に同行した水産加工会社A社では、7～8年前からミャンマーから技能実習生を受け入れており、現在も数名が当社工場で勤務している(写真9)。わが国には、こうした水産加工技術、養殖技術等の支援が可能な複数の民間企業、大学・試験研究機関等が存在するが、ミャンマーにおいて良質な水産物が市場へ安定供給されるための必要な技術・ノウハウ支援が期待される。

なお、JETRO、JICAなど日本の政府関係機関による様々な公的支援制度等の利用も有効である。

(2) チェーンの「中流」では、Mルート(ミャンマー国内)、Cルート(中国雲南省など)、Tルート(タイなど近隣諸国)、Jルート(日本)など、市場ルート別の品質ニーズ等に合わせ、複数の輸送手段を組み合わせることが必要である。例えば、ラカイン州など沿岸地域からヤンゴン(物流中継点)など大都市圏までは「氷温ジェルアイス」を用いた普通車輸送で十分機能しうる。また、ヤンゴンから上記それぞれの輸送ルートは、保冷車による高速道路利用など、迅速かつ実用的な鮮度維持輸送を心掛けることが肝要である。

(3) チェーンの「出口」となる「下流」では、ミャンマー国内の物流業者がいかに近隣諸国の良質な販売先を確保できるかがポイントとなる。ヤンゴン、首都ネピドー、マンダレーなどの大都市においては、徐々にではあるが、隣国タイのような外食レストラン、ファストフード店、コンビニエンスストア等が整備されつつある。B社のように日系の現地進出物流企業

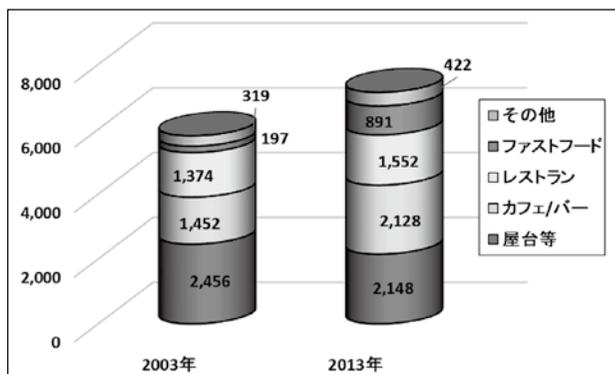


図12 タイの形態別外食店売上高の推移(単位:億バツ)  
(資料) (株)日本政策投資銀行(2015) [20]。



写真9 A社のミャンマー人技能実習生

の中には、「帰り荷」を含め、既に一定程度の販売輸送網を構築している企業もある。

## 第5章 おわりに

ミャンマー（とくに大都市圏を除く地方）において、コールドチェーンが未整備であることは、以前から多くの政府・企業関係者および先行研究等によって指摘されてきた。しかし、その課題を解決する具体的な事例にもとづく実践的な戦略は、これまでほとんど明確にされなかった。

本研究では、日本の先進技術である氷温技術を活用することにより、亜熱帯地域の発展途上国ミャンマーにおいて、低コストかつ品質向上効果を有する水産コールドチェーン構築の可能性が拡大することを、現地実証実験により明らかにした。また、実験結果をもとに、現時点のインフラ条件下において考えうる水産コールドチェーンの主要輸送モデルを、市場ルート別に「上流」「中流」「下流」に分けて示した。今回の輸送実験で使用した氷温ジェルアイス輸送は、これまで日本国内での活用事例は多いものの、海外（とくに亜熱帯地域）での利用実績はほとんどなかった。

本研究において実施した氷温輸送比較実験は、現時点における現地のインフラ整備等の限られた制約条件下で実施されたものである。1回のみの実験であり、魚種数、検体数、調達可能な冷凍車両等の実験条件は決して万全とは言えず、検体の個体差等を勘案すると有意差がある検証結果と断定できるものではない。しかしながら、こうした実証実験がかつてどの国の政府機関・企業等も実施していないことを考えると、一定の可能性を示唆するものとしての成果はあったと考えられる。

なお、蛇足になるが、2019年2月21～23日、ラカイン州タンドウェ市において「ラカイン州投資フェア」（主催：JETRO、JICA 他）が開催された。この投資フェアには、国家顧問兼外相アウンサンスーチー氏、日本大使館全権大使をはじめ、両国の政府関係者、民間企業関係者、欧米など海外投資家、報道機関など総勢約560名が出席したが、その中で日本企業による取り組み先進事例としてA社社長が本研究の一部を報告し（写真10）、その模様は現地マスコミ等に大きく紹介された。

かつての日本がそうであった様に、ミャンマーにおいても将来的には経済発展とともに様々な社会インフラが整備されるであろうと推定される。しかし、現時点では、ミャンマーをはじめ東アジアの発展途上国では、道路・電力事情等の社会インフラが不十分な地域（とくに大都市圏を除く地方）が多く、日本の先進技術・



写真10 A社社長による事例報告  
於：ラカイン州投資フェア（2019.2.22）

ノウハウ支援が期待されている。

本研究で紹介した氷温技術をはじめ、多くの日本の先進技術・ノウハウ等の支援により、発展途上国の水産資源の有効活用、産業振興、人材育成、国民所得向上等が、今後一層図られることを期待したい。

## 謝辞

本研究は、2017年度科学研究費助成事業(基盤研究(C)、課題番号:17K04894)による助成を受けた研究の一部である。

本稿で紹介したA社、B社をはじめ現地政府機関関係者など、多くの関係者には資料・データの提供、図表・写真の掲載許諾など、本研究の円滑な遂行に対し、多大なるご理解・ご協力を頂きました。さらに、水産物(鮮魚)の鮮度分析に関しては、(株)氷温研究所のスタッフの方々に多大なるご支援・ご指導を頂きました。以上の関係者に対し、心より感謝申し上げます。

## 注

- [1] ミャンマーは、1989年に国名がビルマ連邦からミャンマー連邦共和国に、2006年に首都がヤンゴンからネピドーに、それぞれ変更になった。なお、旧首都ヤンゴンは、1989年に旧名ラングーンから改称されたが、現在もミャンマー国内最大の都市であることから、JICA、JETROなど日本政府の主要関係機関のほとんどはヤンゴン市内に事務所を置いている[21]。
- [2] (独)工業所有権情報・研修館「特許情報プラットフォーム J-Plat Pat」[22]において、「氷温」でキーワード検索した結果の件数。なお、(公社)氷温協会はこれまで数十件の特許を出願(研究スタッフによる出願を含む)しているが、企業等に対し、取得済み特許の通常実施権を与えることにより、多くの氷温食品が生まれている。また、(株)氷温研究所は、(公社)氷温協会の関連企業として、氷温技術の研究開発、特許技術の提供、特許ライセンス契約の管理等を行っている[23]。
- [3] A社(鳥取県米子市)は、山陰沖で水揚げされるスワイガニ等のボイル加工および関連加工食品を製造する水産加工メーカーである。当社社長の悩みは、せっかく当社で水産加工技術を磨いたミャンマー人実習生が、母国へ帰っても身につけた技能を十分に活かせるだけのビジネス環境が整っていない点である。なお、当社社長はこれまで何度も現地を訪問しており、現地政府関係者等との人脈も深い[24]。
- [4] B社(本社・広島県)は、貨物運送業・倉庫業を運営する大手物流企業である。従業員約200名、貨物車両台数110台を保有する。当社は、2015年2月にミャンマー支店開設、同年12月にヤンゴン市郊外に現地法人を設立した。さらに、2016年1月には5名のミャンマー人をデジタルピッキング業務習得のため、技能実習生として1年間受け入れている。ミャンマー現地法人では、現在33トン大型トレーラー車×12台をはじめ、13トン大型トラックから3トンクラスの軽トラまで5種計38台、うち4～6-wheeler(5トンクラス)の中型保冷車4台を保有している[25]。

## 引用文献

- [1] 外務省国際協力局「東アジア・東南アジア地域に対する我が国 ODA」2019 年、<https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/files/000092736.pdf>、2019.5.17 取得
- [2] 白地図専門店「世界の白地図（著作権フリーソフト）」、[http://www.freemap.jp/item/asia/kouiki\\_eastsouth.html](http://www.freemap.jp/item/asia/kouiki_eastsouth.html)、2018.6.17 取得
- [3] 旅行.info「世界の気温と降水量」、<http://www.ryoko.info/Temperature/myanmar/yangon.html>、2019.3.28 取得。
- [4] GLOBAL NOTE、世界の 1 人当たり名目 GDP 国別ランキング・推移 (IMF)。  
<https://www.globalnote.jp/post-1339.html>、2019.5.17 取得
- [5] 大田住吉、佐々木公之「ミャンマーにおける水産物のコールドチェーン構築に向けた戦略可能性研究 —ラカイン州西海岸における事例研究にフォーカスして—」『経営情報研究』摂南大学経営学部、Vol.26、No.1、2、2019 年 2 月、pp.79-108.
- [6] GLOBAL NOTE、世界の水産物の漁獲量・生産量 国別ランキング・推移。  
<https://www.globalnote.jp/post-6999.html>、2019.5.17 取得
- [7] 高木映、緒方悠香「ミャンマー連邦共和国グエサウン沿岸部における漁村の実態調査—エビ流通と観光漁業活動を中心に—」『農業国際協力』13、2014 年 3 月、pp. 23-28.
- [8] 農林水産省「水産物の生産量、輸入量、輸出量、用途及びコールドチェーンに関する調査報告書」2015 年 1 月、p. 9.
- [9] 榎大和総研「タイ・ベトナム・ミャンマーにおける食品市場環境調査報告書」2013 年 3 月、p. 77.
- [10] (独) 日本貿易振興機構 (JETRO) ヤンゴン事務所「ミャンマーのエネルギー分野に関する調査」2017 年 5 月、pp.12-13.
- [11] (公社) 氷温協会ホームページ「氷温の原点」<http://www.hyo-on.or.jp/index.php?view=8905>、2018.7.21 取得。
- [12] (公社) 氷温協会ホームページ。「公益社団法人氷温協会の沿革」  
<http://www.hyo-on.or.jp/index.php?view=8903>、2018.7.21 取得。
- [13] 山根昭彦「氷温食品入門」日本食糧新聞社、2015 年 5 月、pp.30-31.
- [14] 山根昭彦 (2015)、前掲書、pp.89-91.
- [15] (公社) 氷温協会ホームページ「氷温ジェルアイス」。  
<http://www.hyo-on.or.jp/index.php?view=8930>、2018.7.21 取得
- [16] 福間康文「氷温技術による鮮度維持・食味向上」『月刊アクアネット』(有)湊文社、2018 年 6 月、pp.6- 27.
- [17] 福間康文、三島睦夫、山根昭彦「氷温処理による生カキの高品質化に関する研究」『氷温科学』No.13、2004 年 9 月、pp.11-17.
- [18] 福間 (2018)、再掲、p.28.
- [19] 小関聡美、北上誠一、加藤登、新井健一「魚介類の死後硬直と鮮度 (K 値) の変化」『海—自然と文』東海大学海洋学部、第 4 巻第 2 号、2006 年、pp.31- 46.
- [20] ㈱日本政策投資銀行 産業調査部「拡大するアジアの低温/定温物流 ～タイ・中国における冷凍冷蔵倉庫事業の現状と展望～」『今月のトピックス No.229』、2015 年 4 月、p.2.
- [21] 大田ら (2019)、再掲、p.106.
- [22] (独) 工業所有権情報・研修館「特許情報プラットフォーム J-Plat Pat」  
<https://www.j-platpat.inpit.go.jp/web/all/top/BTmTopPage>、2018.7.21 取得。
- [23] 大田ら (2019)、再掲、p.106.
- [24] 大田ら (2019)、再掲、p.91-92.

[25] 大田ら(2019)、再掲、pp.95-96.