

Title	大型鋼構造物の設計・製造を行う企業における問題点の発見とその解決： 新規製品の受注・業務プロセスに着目して
Sub Title	
Author	山本, 一成(Yamamoto, Issei) 坂爪, 裕(Sakazume, Yū)
Publisher	慶應義塾大学大学院経営管理研究科
Publication year	2024
Jtitle	
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	修士学位論文. 2024年度経営学 第4273号
Genre	Thesis or Dissertation
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO40003001-00002024-4273

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

慶應義塾大学大学院経営管理研究科修士課程

修士論文（ 2024 年度）

論文題名

大型鋼構造物の設計・製造を行う企業における問題点の発見とその解決
ー新規製品の受注・業務プロセスに着目してー

主査	坂爪 裕 教授
副査	稲田 周平 准教授
副査	大藪 毅 専任講師

氏 名	山本 一成
-----	-------

論文要旨

指導教員	坂爪裕 教授	氏名	山本 一成
(論文題名) 大型鋼構造物の設計・製造を行う企業における問題点の発見とその解決 —新規製品の受注・業務プロセスに着目して—			
(内容の要旨) 本研究は、筆者の父が経営者を務めているイワキテック株式会社(以下 I 社)をモデルとし、調査・分析を通じて経営課題を明らかにしたうえで、新規製品の受注・業務プロセスに着目し、その本質的な問題を発見・解決策を提案するものである。問題の発見にあたっては、定量的な財務データを用いることと並行して、経営者や役員・現場担当者にインタビューを行い定性的な情報も用いて分析を行った。 経営課題を明らかにするために、I 社の創業から現在に至るまで、造船業界の需要変動が I 社の主力製品である船体ブロックの売上高や利益・製品生産量・製品単価にどのように影響を及ぼしたか、またその要因について分析した。その結果、造船業界の需要が低迷した際には、主要顧客の撤退による売上高の減少や製品生産量・単価の下落による I 社の営業赤字という問題が生じていたことがわかった。 この経営課題に対して、新規製品の業務プロセスを改善することで、造船業界以外の製品を開拓し、需要変動の波を軽減することができると考え、過去 I 社が受注した新規受注製品火力発電所ダクトの QCD(Quality, Cost, Delivery)の問題点を探り、その解決策を検討した。結果、Cost の問題として、「赤字を前提とした受注」「不正確な予算見積もり」「製造プロセスの課題」が示された。Delivery の問題としては、「生産準備の検討が不足した結果、製造組立工程で手直し工数が発生している」ことが示された。これらの問題の原因は、Quality の問題、すなわち手直しが頻発する状況に起因すると考えられるため、本文中では 3 つの Quality の問題を深掘りした。母材と補材の Gap の問題からは、I 社の品質情報の検索性の低さや生産管理部門担当者の多忙さの問題が見いだされ、それは品質保証部門の不全によるものである可能性が示された。設計値の公差の範囲と実測値の問題からは、I 社の品質保証部門に不足している技能が示された。溶接不良(アンダーカット)の問題からは、明確な作業手順が存在しないことから、製造現場の技能が不足していることが示された。 以上の分析から、経営課題の解決策として、品質保証部門・製造部門の強化を、実際のビジネスの現場でどのように行うかについて検討した。このようなプロセスを通じて、I 社の経営課題の抜本的な解決につながる可能性がある。			

目次

1. はじめに	1
1.1. 本研究のねらい	1
1.2. 研究の出発点となった問題意識	1
2. 研究背景	1
2.1. モデル企業の概要	1
2.2. I 社の取り扱う製品と製品別売上高構成比	1
2.3. 造船業界の需要変動と I 社への影響	3
2.3.1. 造船市場とその特徴	3
2.3.2. 造船業界の需要変動の I 社への影響	4
2.4. 造船業界の需要低下時の I 社の対応	7
2.5. 新規製品の問題と解決による波及効果	7
3. 研究目的と研究方法	8
3.1. 研究目的	8
3.2. 研究方法	8
4. 事例研究	8
4.1. I 社の受注した火力発電所の吸気ダクトの概要	8
4.2. 専門用語解説	9
4.2.1. 設計に関する用語説明	9
4.2.2. 製造組立に関する用語説明	10
4.3. 発生した QCD の問題	12
4.3.1. 発生した Cost の問題とその要因	12
4.3.2. 発生した Delivery の問題とその要因	13
4.3.3. 発生した Quality の問題とその要因	14
4.4. 本節までの研究及び QCD の根本要因のまとめ	23
5. 解決策	24
5.1. 本研究で得られた問題に対する全社的な解決策	24
5.2. 本研究で得られた問題に対する筆者の解決策	26
6. 考察	27
付録 1: 造船不況の発生要因	28
付録 2: 造船の需要変動により倒産/縮小した会社の事例	30
付録 3: I 社の全製品の売上高・単価・製造量変動	31
付録 4: 因果関係図	33
参考文献	36

謝辭	37
----------	----

1. はじめに

1.1. 本研究のねらい

本研究の対象企業であるイワキテック株式会社（以下、I 社）は、筆者の父が代表取締役を務める企業であり、筆者自身も 2025 年度に新入社員として入社後、事業承継を予定している。このため、本研究は、学術的価値の提供とともに、筆者が経営者としてのキャリアを築く上で実践的に役立つ知見の獲得を目指している。

「学術的価値」とは、I 社が直面する課題を基に得られる知見を、類似の課題に直面する他企業にも役立つ普遍的な論理として示すことである。一方、「実践的な知見」とは、I 社が 100 年企業を目指す過程での具体的な問題を特定し、その問題を克服するための実現可能な解決策を提示することである。

本研究で提案する解決策は、I 社が現在取り組んでいないものの、製造業の基礎となる経営手法を全社的に実現できる体制を構築することを目的としている。また、製造現場に配属予定である筆者が、どのように問題解決を実行に移すべきかについても具体的に検討する。

1.2. 研究の出発点となった問題意識

I 社は創業以来、主要顧客である大手造船会社と密接な関係を築きながら成長を遂げてきた。特に 2 代目経営者の時代には、大手造船会社との信頼関係が I 社の事業成長を助けた。今後もその重要性は変わらないだろう。しかし、近年では ISO や受注管理基準などの制度が大手造船会社を導入され、人間関係を基にした柔軟な受注調整が難しくなりつつある。その結果、造船需要が低下した場合、受注が確保できず、I 社が有する人員や協力会社との製造体制を維持することが困難になる可能性がある。

さらに、造船業界では、かつて安泰と目されていた大手造船会社が規模縮小や撤退することとなった事例が多数存在する。現在でも、I 社の主要顧客の経営が悪化した場合、I 社がその影響を受けて連鎖的に倒産する可能性は否定できない。したがって、これらの問題は、I 社の存続に直結する深刻な問題である。

こうした背景を踏まえ、100 年企業を目指すためには、大手造船会社への依存から脱却し、独立的かつ総合的な重厚長大メーカーへと転換を図ることが必要不可欠であると考えた。本研究では、その転換に向けた第一歩として、実践的な解決策を提示することを目的としている。

2. 研究背景

2.1. モデル企業の概要

本研究のモデル企業は、造船会社を顧客として造船関連製品をはじめとする大型鋼構造物の設計および製造を行うイワキテック株式会社（以下、I 社）である。I 社は 1957 年に創業し、2023 年時点で売上高は 73 億円、従業員数は 528 名である。現在の代表取締役社長は 3 代目が務めている。なお、I 社の事業では、鋼や鉄などの材料費は顧客からの支給品として扱われ、売上高には算入されていない。また、I 社の子会社は本研究の調査対象には含まない。生産体制は、愛媛県の本社工場、広島因島工場・向島工場の 3 つの工場から成り立っており、本社工場は、敷地面積が最も広く、生産能力も最も高い。

2.2. I 社の取り扱う製品と製品別売上高構成比

以下、I 社が取り扱う代表的な製品(図 1)について説明する。

<造船関連製品>

○船体ブロック¹

船の骨格を構成する大型鋼構造物である。船体を複数のブロックに分けて製造し、最後につなぎ合わせて完成させる。I社は設計および製造組立工程を担当する。この製品はI社の売上高の約60%を占め、広大な敷地が必要なため、主に本社工場で製造される。本研究では、経営課題を特定するための分析の対象となる製品である。

○ハッチカバー

船の積み荷を波から守る蓋に相当する装置である。密閉性が必要であるため、1/10mm単位の精度が要求される。国内でI社が製造量No.1の製品であり、I社は図面からの設計及び製造組立工程を担当する。I社の売上高の約30%を占める製品で、因島工場で製造される。

○スタンランプ/Ro Ro 装置

船と岸壁をつなぐ傾斜路（ランプ）である。貨物や車両の積み下ろしを行うための装置で、主にフェリーや自動車運搬船に搭載される。I社は図面からの設計及び製造組立工程を担当する。売上高の約5%を占めるが、受注がない年もある。

○リフトブルデッキ

船内に設置された可動式の床（デッキ）である。貨物や車両を効率よく積載するため、スペースを調整する装置。主に自動車運搬船に搭載される。I社は図面からの設計及び製造組立工程を担当する。今年度の受注がないが、今後受注する可能性がある。

<陸上構造物関連製品>

○ダクト

火力発電所の吸気ダクトである。発電所のタービンに空気を送るための大型鋼構造物である。I社にとっては2回目の受注であった。I社の管理下で、I社の人員や設備のみでI社本社工場で製造が行われた。なお、本研究の事例研究の対象となる製品である。

○鏡板

LNG燃料を輸送するタンクに使用される部品である。造船とは異なる需要サイクルを持つ。一方で、I社の人員・設備のみで製造できる資源を持たず、管理業務は外注先に委託している。

○その他の陸上鋼構造物

車両が行き来するための橋梁や飛行機の搭乗口であるオンボーディングブリッジを製造することがある。自社の設備・人員のみで製造可能である。

図1に示した通り、常に製造している製品群には、船体ブロックやハッチカバーが該当する。断続的に製造する製品群は、5年以内のスパンで製造する製品と5年以上のスパンで製造する製品に分かれる。5年以内のスパンで製造する製品群には、スタンランプやリフトブルデッキ、5年以上のスパンで製造する製品群には、火力発電所のダクトや飛行機の搭乗口であるオンボーディングブリッジ、橋、鏡板などが該当する。

1. 船体ブロックは、製造する船舶の部位や用途によって、製造難易度や需要サイクルが異なり、固有の名称がついているが本研究ではそれらを総称して船体ブロックと呼称する。



図1：I社が取扱う代表的な製品の類型化

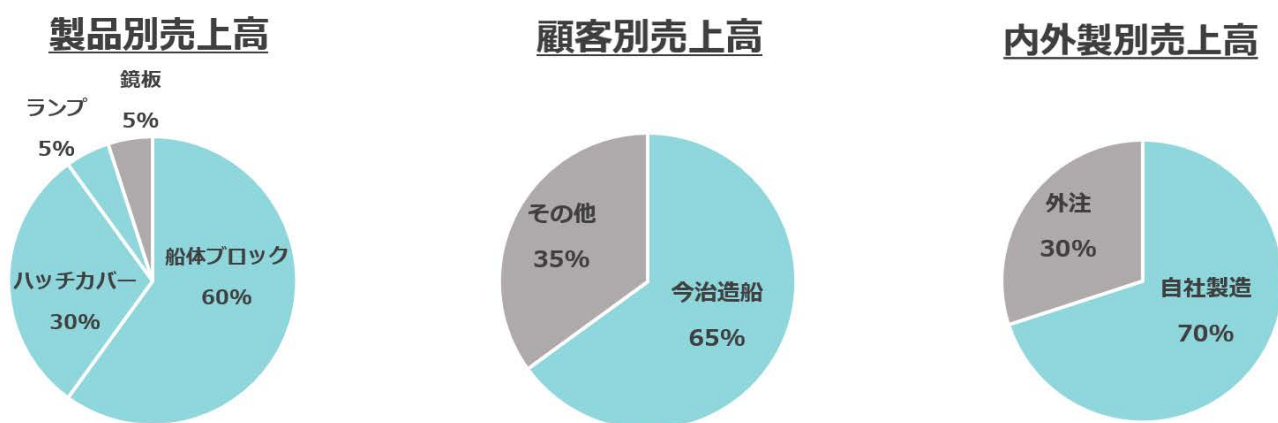


図2：2023年I社の製品別売上高

続いて、図2にて、I社の売上高を製品構成比で示した。青色で示した箇所は、造船会社が顧客である製品であり、売上高の95%は造船関連製品が占めていることがわかる。また、顧客別売上高では、今治造船が65%を占めていることがわかる。加えて、I社の外注・自社製造別売上高を示した。ここでの外注売上高とは、製品単位で外注先に製造を依頼した際に計上される売上高を指す。特に、常に製造している製品群である船体ブロックやハッチカバーを外注することがある。

2.3. 造船業界の需要変動とI社への影響

2.3.1. 造船市場とその特徴

2023年時点、造船業界2の市場規模は51兆円(340億米ドル、1ドル=150円とする)の市場である(1)。CAGR (Compound Annual Growth Rate, 年平均成長率) は、2023年から2027年までを対象とすると5.5%(1)、2023年から2032年までを対象とすると3.2%(2)のような市場であると予測されている。市場が拡大する要因は、国際貿易による貨物輸送量の拡大であると言われており(1)(2)、これは世界人口の増大と関連があると言えよう。United Nationによると、人口動態は2070年までは堅調に推移すると予測

2. 造船業界は、通常、貨物輸送を目的とした商業船と安全保障を担う軍需船が主要なカテゴリーからなる。また、国内を運行する内航船と国外を運行する外航船にも分けられる。
本論文における造船業界とは、商業船でかつ外航船を対象とする。

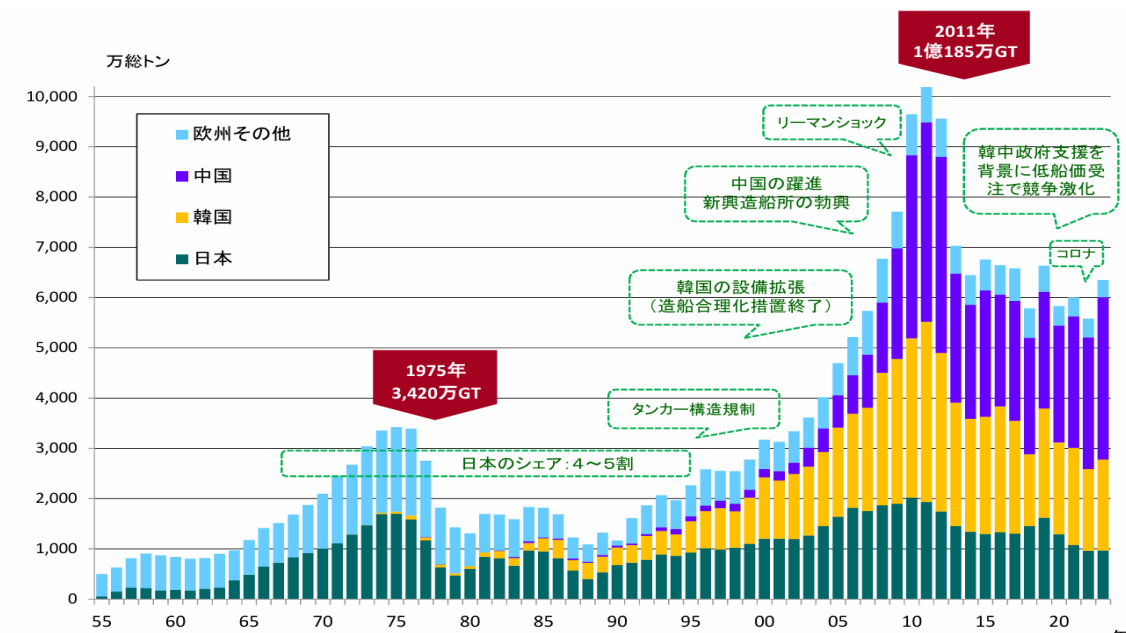


図 3：造船生産量の推移 厚生労働省(4)

されており、今後も市場拡大が期待される(3)。

しかしその一方で、造船業界は需要変動が激しい市場である。図 3 に示したデータは、1955 年から 2023 年にかけての船舶生産量の推移を国別に示したものである(4)。

図 3 からは、造船需要は全体として上昇傾向にあるものの、年度によって市場全体が大きく変動していることがわかる。特に国内の生産量に着目すると、1975 年から 1979 年、1986 年~1989 年、2012 年から 2014 年、2020 年から 2022 にかけての生産量の下落が特徴的に見られる。造船業界の需要変動の推移とその要因については付録 1 に記載する。

2.3.2. 造船業界の需要変動の I 社への影響

I 社の創業から現在に至るまでの歴史を通じて売上高及び利益が増減している箇所に着目した後に、前節で検討したような造船業界の需要変動が該当するかどうか検証を行う。

図 4 にて、1960 年~2023 年までの I 社の売上高及び税引後利益率について掲載したものである。なお、



図 4：1960 年から 2024 年までのイワキテック売上高・税引後利益率

税引後利益を用いたのは、2007 年以前の営業利益に関するデータが取得できなかったためである。I 社の売上高や税引後利益が顕著に減少した時期は、①1972 年、②1975 年～1979 年、③1983 年～1987 年、④1995 年～1996 年、⑤2010 年～2013 年、⑥2018 年～2021 年である。以降ではそれぞれその原因を考察する。

①1972 年の税引後利益の減少は、多角化事業として行っていた養殖事業の赤字計上が原因であり、造船事業との直接的な関係はない。

②1975 年～1979 年の売上高変動と利益率低下は、当時の I 社主要取引先である日立造船の経営不安定化が原因である。日立造船の経営不安低下に関する考察は別途、付録 1、付録 2 にて記した。この時期は、前項で述べた 1975 年～1979 年の造船業界の需要低下と一致する。

③1983 年～1987 年の売上と利益率の低下は、1986 年に日立造船が因島から撤退したことに起因する（付録 2）。この間、I 社は主要顧客である三菱重工や今治造船から受注を引き受け、撤退による受注減少を補った。しかし、赤字受注であったため、税引後利益率は落ち込んでいる。また、この時期は、前項で述べた 1986 年～1989 年の造船業界の需要低下と概ね一致する。

④1995 年～1996 年には、売上高の減少は見られないものの、税引後利益率は低下している。この要因として、1995 年の阪神淡路大震災による急激な円高が挙げられる。結果的に、船舶価格が下落し、その余波が I 社の製品価格にも反映されたと考えられる。

①～④の事例を総合すると、貨物輸送量や為替に影響を及ぼす外部環境が発生すると造船需要が低下し、その結果、I 社の売上や税引後利益が減少することが明らかになった。ただし、分析対象が税引後利益であるため、利益調整の影響が含まれている可能性も考慮する必要がある。また、図 4 だけでは単価や生産量の推移が明確ではないため、これらを補足する分析が必要である。そこで、2008 年以降の分析では売上と営業利益率に基づいた検討を行い、その後、I 社に最も影響を及ぼす船体ブロックの生産量や単価の変動について考察を進めた。

図 5 は 2008 年から 2023 年にかけての I 社製品別売上高の推移を示しているが、この期間に売上高は 130 億円から 73 億円へと約半分に減少している。特に 2012 年には、当時の主要顧客であった三菱重工の造船製造部門縮小が大きな影響を与えたことがわかる。造船需要の低下に伴う大手造船所の撤退は過



図 5：2008 年から 2023 年の I 社製品別売上高の推移



図 6：2008 年から 2023 年の船体ブロックの売上・生産量・単価の推移

去にも何度も発生しており（付録 2 参照）、今回の事例もその一例である。売上高の低下要因をさらに分解すると、自社製造金額と外注金額のいずれも減少していることが確認できる。まず、自社製造金額が低下した理由として、三菱重工の撤退により受注が減少し、操業が低下したことが挙げられる。実際に、2008 年には約 750 名だった I 社の従業員数は、2023 年度には 525 名にまで減少している。また、外注金額が低下した理由として、三菱重工の撤退を受けて外注比率が削減され、内製への切り替えが進められたことが挙げられる。さらに、外注金額は 2013 年に一度大きく減少した後、2023 年現在においても 2008 年の水準まで回復していない。このことから、造船需要の低下が長期化した結果、規模を縮小あるいは撤退する協力会社が増加したことが示唆される。

このように、三菱重工の撤退を契機とする構造的な変化が、I 社の生産体制や収益構造に長期的かつ大きな影響を与えたことが確認できる。

続いて、製品売上高の 60%を占め、経営に最も大きな影響を与える船体ブロックについて、その売上高・生産量・単価が⑤2010 年～2013 年および⑥2018 年～2021 年の期間にどのように推移したのかを検討する（図 6）。なお、船体ブロック以外の製品の売上高・生産量・単価の推移については、付録 3 にまとめている。

⑤2010 年～2013 年の間では、生産量と売上高がともに減少していることが確認された。一方で、単価は上下を繰り返しつつも、全体的には減少傾向にある。この減少は、造船業界全体の生産量変動（2010 年～2014 年）と概ね連動していると考えられる。

⑥2018 年～2021 年の間でも、生産量と売上高はともに減少しており、単価についても上下の変動を伴いながら減少傾向が続いていることがわかった。この時期の変動もまた、造船業界全体の生産量変動（2018 年～2021 年）と連動していると推測される。

本節の結果を総合すると、造船業界の需要低下が I 社の売上に大きく影響を及ぼしていることが明らかである。特に、I 社の主力製品である船体ブロックにおいては、売上高・生産量・単価のいずれにおいても減少が見られることが確認された。

2.4. 造船業界の需要低下時のI社の対応

造船需要が低下した際、I社は造船の需要回復局面に対応するため、雇用を維持する方針を採用している。なぜなら、需要低迷期に人員を解雇した場合、需要回復後に熟練した人材を再確保することが困難になるだけでなく、再雇用できたとしても、業務習熟に時間がかかり、作業が円滑に進まなくなるリスクがあるためである。これは、造船業が高度な技能や部門間の緻密な連携を必要とし、作業習熟に数年を要するという特性に基づくものである。実際、過去の国外造船業界では、不況時に人員を解雇した結果、需要回復後に人材確保が困難になった事例が報告されている（5）。

また、I社は重厚長大産業特有の大型クレーンや鋼材切断装置などの設備を保有しており、これらの設備にかかる多額の固定費のため、造船需要が低下しても工場の操業を維持する必要がある。そのため、このような状況下では、I社は新規製品を受注することで操業を維持している。新規製品とは、図1に示されるように5年スパンで製造される製品を指す。特に付録3によると、I社は2010年～2011年、2015年～2020年、2022年に陸上機械（新規製品）を受注しており、これが需要低下時における生産活動の穴埋めとして機能していることが示されている。ただし、2010年～2011年のように造船不況とは無関係な時期にも陸上機械を受注していることから、I社が単価条件の良い案件については積極的に受注する姿勢がうかがえる。

2.5. 新規製品の問題と解決による波及効果

I社の新規製品の受注においては、QCD（Quality, Cost, Delivery）の観点で失敗するケースが多く見られる。例えば、2022年に受注した火力発電所のダクトでは、工場の操業度を維持するという目的は達成したものの、品質不良、赤字、工程遅延といった問題が発生した。また、火力発電所ダクトは、設計や製造の工程は船体ブロックと同じプロセスで進められているにもかかわらず、QCDに問題が生じていることが明らかになった。つまり、既存の資源を活用したにもかかわらず、I社は新規製品において失敗を経験していることがわかった。

火力発電所のダクトのような新規製品を、QCDの問題なく受注から出荷まで進められる体制を構築できれば、今後の経営において避けられない課題である造船需要の低下に対する有効な解決策となる可能性がある。まず、品質不良の問題を解決することで、顧客からの信頼低下による失注を防ぐことができる。さらに、低コスト体制を確立すれば、見積もりの競争力を高めるだけでなく、新規製品への挑戦機会を増やすことが可能となり、安定的な受注を確保できるようになる。また、新規製品の受注を継続的に確保することができれば、造船需要とは異なる需要サイクルを持つ製品群を構築することが可能となり、造船需要の低下に柔軟に対応できる経営体制の確立につながる。さらに、製品全体のリードタイムを短縮することで、顧客の製品選定において優位性を発揮する可能性も示唆される。このように、QCDの課題を克服することが、新規製品の成功を通じてI社の持続可能な経営を実現する鍵となる。

加えて、新規製品の設計・製造において、高いQCDを実現することができれば、顧客から製品の定常的な製造が認められ、製造管理が委託されるようになる。製造管理が委託されると、外注の認可が下りる。結果、造船需要低下時において、外注先の協力会社に造船以外の製品の製造を委託する体制を構築することができる。これにより、造船の需要低下時における、協力会社への製品の製造委託量を増加させることが可能となるため、造船の需要低下で倒産する協力会社が減少し、日本の造船業界全体の発展に寄与することができる。

調査目的	☒ 前章で示したようなI社の問題を導出するため、I社業務への基礎知識を身に着ける ☒ 大型鋼構造物の設計・製造組立を行う企業が、自社の資源を前提として新規製品を受注する際におけるQCDの達成を阻害する根本要因の特定とその解決策を検討するため
期間	8~12月で延べ3か月間
対象	☒ 2代目・3代目経営者へのインタビュー(2人) ☒ 本社・因島工場長・副工場長へのインタビュー(5人) ☒ 取締役役員へのインタビュー(4人) ☒ 営業部へのインタビュー(2人) ☒ 生産管理部へのインタビュー(3人) ☒ 製造部へのインタビュー(4人) ☒ I社DX推進部へのインタビュー(1人)

表 1：フィールドワークの計画

3. 研究目的と研究方法

3.1. 研究目的

本研究では、大型鋼構造物の設計・製造組立を行う企業が、自社の資源を前提として、新規製品を受注した際の QCD の問題の根本原因の特定とその解決策を検討することを目的とする。

3.2. 研究方法

調査の進め方としては、まず造船業界および I 社の業務に関する基礎知識を習得することを目的に、2 代目および 3 代目の経営者、取締役役員、DX 推進部の担当者にインタビューを実施した。このインタビューを基に研究目的を明確化した。その後、研究目的を達成するために、筆者は I 社本社工場および因島工場において約 3 か月間にわたるフィールドワークを実施した（表 1 参照）。

フィールドワークでは、I 社のネット共有サーバーに保存されているデータを活用し、問題が発生した当時の状況を整理した。加えて、データに記載されていない情報については、必要に応じて担当者へのインタビューを行い、詳細な情報を収集した。また、現在製造されている船体ブロックと火力発電所のダクトの製造方法の違いを明らかにするため、I 社本社工場・因島工場の製造部の担当者や工場長、副工場長から適宜アドバイスを受けた。

4. 事例研究

4.1. I 社の受注した火力発電所の吸気ダクトの概要

図 8 は、I 社が受注した火力発電所用吸気ダクト（以下、ダクトと呼称）の全体像を示している。このダクトは縦 11.5m、横 6m、奥行き 6m、重さ 45t の大型鋼構造物であり、ガスタービンやボイラーを動

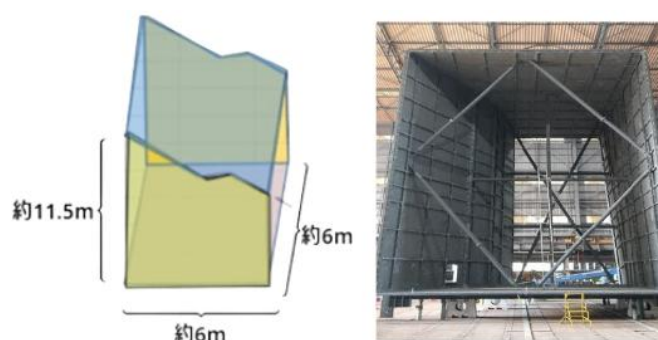


図 8：ダクトの全長(左)、ダクトの出荷前の画像(右)

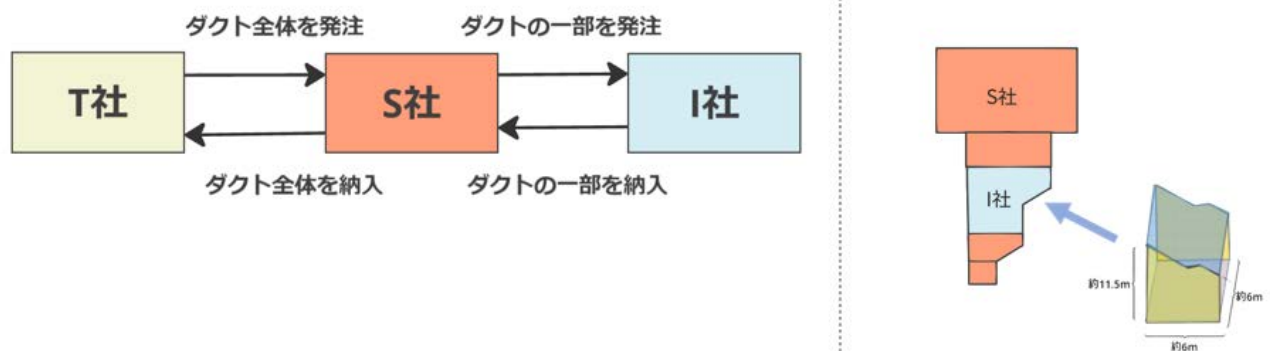


図 9：ダクトの受発注構造

かすために必要な大量の空気を効率的に取り込む役割を持つ。また、内部に設置されたフィルターにより、空気中のゴミやホコリを除去し、機器の破損リスクを低減する機能も備えている。一度火力発電所に据え付けられると、数十年間修理が不要な状態を保つ必要があり、後述するような取付や溶接の精度は造船業と比較してさらに厳しく求められる点が特徴的である。

続いて、図 9 にダクトの受発注構造を示した。T 社が S 社へダクト全体の製造を発注し、その一部の製造を S 社が I 社に発注したものである。I 社は、T 社および S 社が求める品質基準を満たした製品を納入することが求められた。また、この際の製造は I 社の本社工場で行われた。また、I 社の顧客及び各部門の業務範囲について表 2 に整理した。

4.2. 専門用語解説

本節では、I 社の業務範囲である設計と製造に関わる箇所について記載する。

4.2.1. 設計に関する用語説明

設計は、陸上機械の元受けである T 社が求める仕様を具体化するための総合的な生産準備プロセスを指し、以下の①基礎設計、②詳細設計、③現図、④製作要領検討の 4 つのプロセスに分類される。

①**基礎設計**：製品の基本仕様や性能を決定する初期段階であり、このプロセスは I 社の範囲外である。

②**詳細設計**：基礎設計で決定された図面をさらに細分化し、合理的な生産が可能な図面を作成する段

項目		担当所掌										
顧客	T社	ダクトの元受け。品質の指導を行う。										
	S社	ダクト全体の製造を行う。T社の指摘を基に、品質の指導を行うこともある。										
I社	営業・経営層	受注の可否の検討を行う。										
	生産管理	設計工程を主導的に行う。 また、製造工程に落とし込む際には適宜製造現場と検討を行う。										
	製造現場	製造組立を主導的に行う。 また、製造方法に関しては適宜生産管理に対して提案を行う。										
	企画	設計				製造組立					販売	アフターサービス
	マーケティング	基本設計	詳細設計	現図	製作要領検討	加工	取付	溶接	組立	塗装		
T社担当所掌												
S社担当所掌												
I社担当所掌												

表 2：I 社と顧客の業務範囲

階を指す。本製品については、この工程もダクト製造では I 社の範囲外である。

③**現図**：詳細設計の図面を基に、切断や組み立てが可能な型を作成する工程であり、I 社が担当する範囲である。

④**製作要領検討**：現場作業者が効率的に作業を行い、工数を削減できるように工程や作業内容を具体化する段階であり、これも I 社の所掌範囲に含まれる。製作要領検討では、以下の業務が行われる。

- ・ **接点管理**：部品や資材を適切なタイミングで供給する。
- ・ **組立方法の検討**：生産効率を高めつつ、要求品質を実現する手順や溶接方法を計画する。
- ・ **品質基準の明示**：製作時の品質基準を顧客と調整し、合意を得る。

4.2.2. 製造組立に関する用語説明

製造組立は、設計図に基づき、要求された品質と機能を実現する一連の作業を指し、①加工、②取付、③溶接、④組立、⑤塗装の 5 つの工程に分類される。加工から取付までの工程は I 社が担当しており、図 10 に示したダクトの製作フローとともに用語を説明する。

まず、①**加工工程**では、海上輸送された母材や補材を現図に従って所定の大きさに切断し、次工程で作業しやすいよう仕分けを行う。この工程で用いる重要な用語は以下の通りである。

- ・ **母材**：組立や溶接作業の基礎となる主要な鋼板。
- ・ **補材**：母材にかかる圧力を分散し、歪を防ぐための細長い鋼板。
- ・ **歪**：熱による鉄の膨張や収縮で母材や補材が変形する現象（図 11 参照）。
- ・ **歪防止材**：歪を防ぐための材料で、図 12 に具体的な使用例を示している。左側は母材を地面に固定

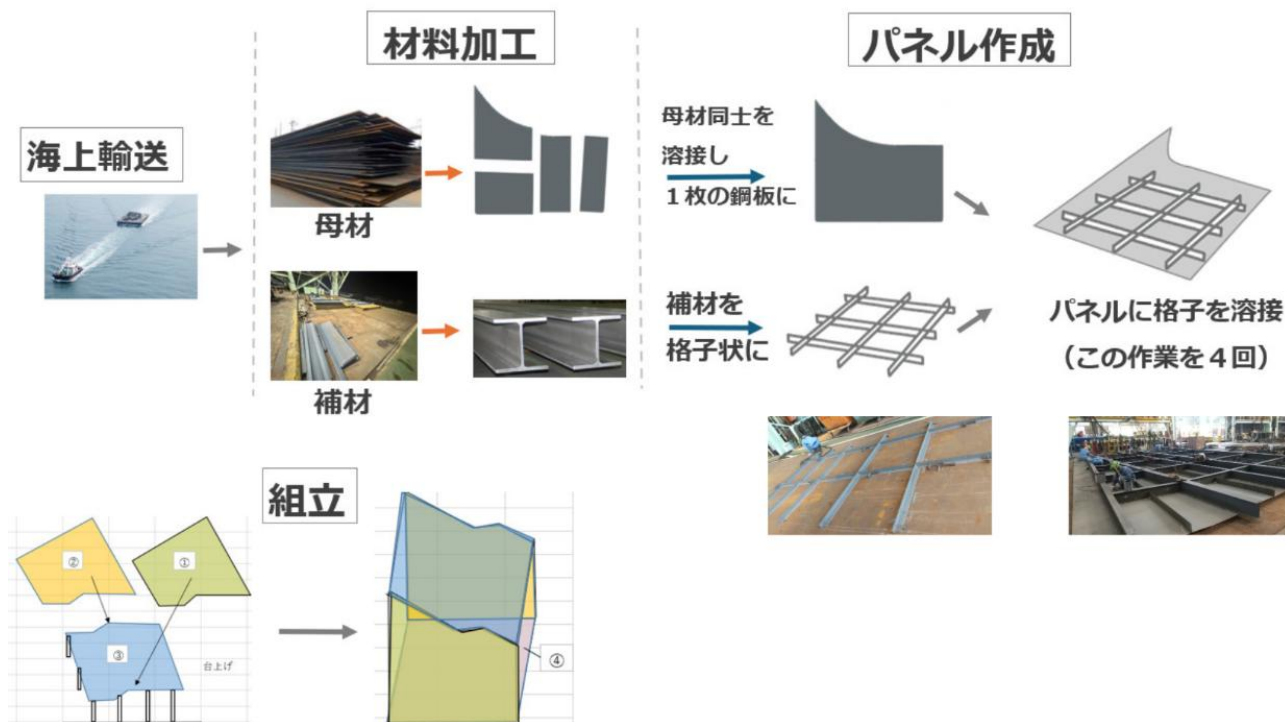


図 10：ダクトの製作フロー

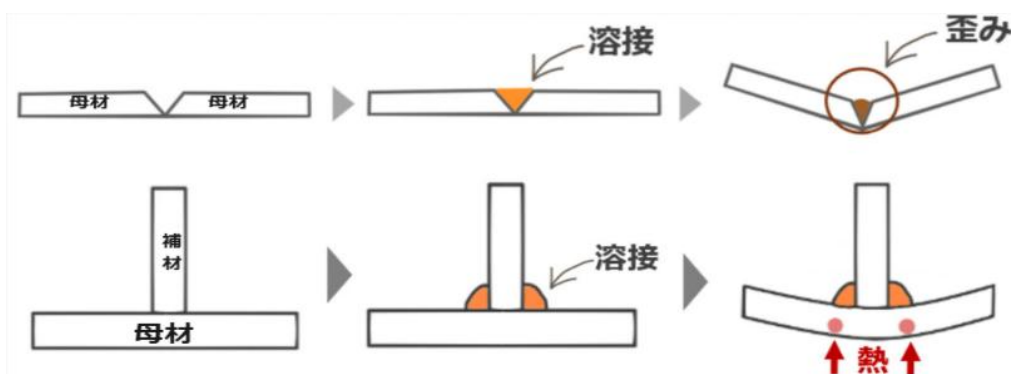


図 11：歪の例



図 12：歪防止材の使用例



図 13：溶接イメージ（左）、実際の溶接作業（右）

する方法、右側は補材を母材上に取り付ける方法を示している。

次に、②**取付工程**とは、部材間の接合部に少量の溶接金属を溶かし込むことで部材を一時的に固定する作業を指す。この工程では、指定された部材を要求寸法通りに迅速かつ正確に取り付けることが求められるため、図面を正確に読解する能力が欠かせない。

続いて、③**溶接工程**は、高熱によって溶接金属を溶かし、母材や補材の接合部に流し込むことで、部材同士を恒久的に一体化する作業である（図 13 参照）。この工程で用いる重要な用語は以下の通りである。



図 14：フル溶接とタッパ溶接

- ・**アーク**：電極と母材間の強い放電現象により高温（約 3,000～6,000℃）の熱を発生させ、母材や溶接を溶融させて接合を可能にする。
- ・**溶接金属**：接合部に形成される金属部分。溶接材料の特性や溶接条件、冷却速度が品質や強度に影響する。
- ・**スラグ**：溶接中に発生する非金属物質で、溶接金属の表面を覆い保護する。冷却後に除去が必要で、品質管理に直結する。
- ・**溶接棒**：アーク溶接で溶接金属を供給する棒状の材料である。
- ・**脚長**：溶接金属の高さ。脚長が高くなれば、鉄に加わる熱量が増加するため、歪のリスクが高まる。
- ・**タッパ溶接**：6mm 以下のような薄い鋼板において用いられる溶接手法。溶接する箇所を減らすことによって、母材や補材に対する歪を軽減させる効果がある（図 14 参照）。

取付工程も溶接技法を使用するが、溶接金属の量が少ないため、一時的な金属の固定を行うものである。これにより必要に応じて取り外すことが可能だ。取付と溶接を分けることで、図面の読解可能な専門技術者を取付作業に集中させることができる効果がある。また、製造組立の作業は「取付→溶接→取付→溶接」という形で交互に進行する。例えば、図 15 の例では、母材同士を取付・溶接した後、その上に補材を格子状に配置し、取付・溶接を繰り返す。この一連の工程で作成されるものは「パネル」と呼ばれ、組立工程でも同様の手順が適用される。

さらに、④組立工程では、加工済みのパネルを大型クレーンで持ち上げて接合し、構造物にする作業が行われる。ダクトの場合、4 枚のパネルを接合して完成させる必要があった。

最後に⑤塗装工程とは、母材や補材がさびないようにするための塗布を施す作業である。これは I 社の担当範囲ではない。

4.3. 発生した QCD の問題

4.3.1. 発生した Cost の問題とその要因

本研究では、ダクト製造プロセスにおけるコスト問題を表 3 に整理した。本図で示す「#1～#3」とは、1 台目から 3 台目のダクト製造を指す。また、「収益全体」はダクト製造で得られた総収益を意味し、「初期受注金額」（契約時に確定した金額）と「追加受注金額」（仕様変更や追加工事による追加収益）の合計で構成される。

「補正後実際費用」は現場作業の効率化（習熟度を考慮し倍率 0.85 を適用）を反映した実際の費用額

	収益全体	初期受注金額	追加受注金額	初期予算費用(推定)	取付・溶接費用	その他費用	補正後実際費用	実際費用
#1	15,726,000	9,900,000	5,826,000	6,622,030	5,130,000	1,492,030	20,846,250	20,846,250
#2	15,726,000	9,900,000	5,826,000	5,852,530	4,360,500	1,492,030	17,719,313	19,550,250
#3	15,726,000	9,900,000	5,826,000	5,198,455	3,706,425	1,492,030	15,061,416	18,994,500

表 3：ダクト 1 台目～3 台目までの各種費用

を示す。この補正後実際費用とは、変動費用であり、取付・溶接作業の手直し費用が主である。

以下に主な問題の発見と原因を示す。

○初期予算費用と収益全体

初期予算費用と収益全体を比較すると、利益が見込まれる試算となっている。しかし、実際は赤字の可能性が予想されていたにも関わらず受注が進められたことが現経営者へのインタビューで明らかとなった。これにより社内の予算見積もりが形式的なものに留まり、実態を反映していないことが確認された。

○補正後実際費用と初期受注金額

補正後実際費用は初期受注金額を大幅に上回っており、適切な費用見積もりが行われていれば、受注金額の調整や交渉の余地があったと考えられる。

○補正後実際費用と収益全体

収益全体と補正後実際費用を比較すると、最終的な総収益が総費用を下回っている。特に 3 台目の製造では単体で利益が出ているものの、3 台全体では赤字であることが判明した。

このようなコスト増加および赤字の原因は、以下の 3 点が考えられる。

1. 赤字を前提とした受注

造船需要の低下により、I 社以外の造船会社が工場の操業維持を優先した結果、ダクトのような製品の受注競争が激化したため、契約単価が下落した。

2. 不正確な予算見積もり

過去の類似製品の実績を基にした簡易的な予算策定が行われており、顧客の要求に応じた適切なコスト予測ができていない。

3. 製造プロセスの課題

手直し作業が補正後実際費用を押し上げており、特に取付・溶接工程の効率性に問題があることが明らかになった。

4.3.2. 発生した Delivery の問題とその要因

表 4 では、ダクトの受注日・引渡予定日・引渡完了日についてまとめた。また、ダクトは 3 台の連続建造製品であるため、それらを#1~#3 として記載した。表 4 より、1 台目のダクト製造において、2 週間の遅延が見られる。

表 4 の要因を深堀するため、表 5 にて、ダクトの受注から出荷までの全工程を「受注検討」「受注確定」「生産準備」「1 台目製造」の 4 段階に分類し、それぞれの日数と所掌範囲を整理した。この整理に当たっては、(6)(7)を参考に、プロジェクト開始から完了までの最短経路を示しており、その遅延がプロジェクト全体に直結する重要な活動を反映した。以下では、4 段階の定義について説明する。

「受注検討」は意思決定段階を指し、「受注確定」は受注の最終決定を意味する。「生産準備」では、設計プロセスが以下の 4 つの作業に分かれる。すなわち、「顧客から共有された工作図までの待ち時間」、「工

	受注日	引渡予定日	引渡完了日
#1	2021/9/20	2022/7/12	2022/7/28
#2	2021/9/21	2022/11/5	2022/11/1
#3	2021/9/22	2023/3/6	2023/3/4

表 4: ダクト 1 台目~3 台目までの受注日、引渡予定日、引渡完了日

項目		引渡までの日数	顧客		I社			
			T社	S社	営業・経営層	生産管理	製造現場	品質保証
受注検討		～302日前						
受注確定		～294日前				参加		
生産準備	工作図共有	～272日前						
	組立要領検討	～237日前		質問回答			生管主導	
	組立要領承認	～238日前						
	その他前段取検討	～130日前					生管主導	
1台目製造	材料搬入・加工	～101日前						検査のみ
	S社品質指導	～100日前		画像付き				
	1枚目パネル製造	～92日目				適宜対応		
	T社品質指導	～78日目						
	1枚目パネル手直し～組立まで	～27日目				適宜対応		
	全体品質会議	～24日前						
	手直し	～15日前				適宜対応		
	T社品質指導	～14日前						
	手直し	～3日前				適宜対応		
	出荷	0日前				適宜対応		

表 5：ダクトの受注から出荷前での全工程

作図を基準とした組立要領の検討”、”組立要領に対する顧客の承認取得”、”品質グレードと接点管理”である。

「1 台目製造」は製造組立工程に該当し、材料搬入から出荷までの 10 項目に細分化される。1 台目製造では、初期段階で母材・補材の加工やパネルの取付・溶接が行われたが、その後、品質不足が原因で手直し作業が多発した。特に、T 社の品質指導や会議を経て再度手直しが発生し、最終的に出荷に至るまで工程が 2 週間延期された。これらの手直し作業が遅延の主因であり、生産準備段階ではなく製造組立工程での対応が遅延を引き起こしていると解釈できる。

4.3.3. 発生した Quality の問題とその要因

本節では、ダクト製造にて Cost と Delivery の問題に影響を与えた「手直し」に焦点を当てる。この問題が発生した要因を分析し、解決策を検討することで、Cost や Delivery に対する波及効果の高い改善案を提示することを目的とする。

表 6 にて、ダクト製造当時に発生した問題の中から、深掘りが可能であった問題を示した。

<品質起点の問題>			
項目番号	問題の発生段階	発生した問題の件名	Qualityの問題によるCostとDeliveryへの影響
1	#1	母材と補材のGap：母材間溶接箇所	歪取作業や追加溶接作業(C)が発生するので、工程(D)増加
2	#1	母材と補材のGap：補材と母材間溶接箇所	歪取作業や追加溶接作業(C)が発生するので、工程(D)増加
3	#1	規定値と実測値の差	全体の歪取作業(C)が発生するので工数(D)増加
4	#1	補材(H鋼)の破損	破損した補材の切替作業と再取付・溶接作業(C)が発生するので、工程(D)増加
5	#1～#3	取付忘れ	取付・溶接作業が発生するので(C)、工程(D)増加
6	#1～#3	アンダーカット	歪防止作業と再溶接作業、Gr作業が発生(C)するので、工程(D)増加
7	#1～#3	溶接終端部溶込み不足	歪防止作業と再溶接作業、Gr作業が発生(C)するので、工程(D)増加
8	#1～#3	ブローホール	歪防止作業と再溶接作業、Gr作業が発生(C)するので、工程(D)増加
9	#1～#3	ビード幅不揃	歪防止作業と再溶接作業、Gr作業が発生(C)するので、工程(D)増加
10	#1～#3	スラグ除去不足	歪防止作業と再溶接作業、Gr作業が発生(C)するので、工程(D)増加
11	#1～#3	スパッタ除去不足	歪防止作業と再溶接作業、Gr作業が発生(C)するので、工程(D)増加
12	#1～#3	チリ・ホコリ清掃忘れ	歪防止作業と再溶接作業、Gr作業が発生(C)するので、工程(D)増加

表 6：ダクトの受注から出荷前での全工程

本節では、その中でも特に有効な解決策が見いだせた 3 点の問題（項目番号 1、3、6）について論じる。なお、項目番号 1 と 3 はダクト 1 台目の製造のみで見られた問題であり、項目番号 6 は 1 台目から 3 台目のすべてにわたり発生した問題であった。その他の問題については問題の因果関係図のみ付録 4 に掲載する。

項目番号 1：母材と補材の Gap

まず、母材どうしを溶接した箇所の上に補材を溶接した際の Gap について述べる(図 15)。この問題が発覚したタイミングは、ダクトの 1 機目製造におけるパネル製造の段階であり、納入の 78 日前であった(表 5 参照)。問題については、図 16 の因果関係図で整理しており、赤字で問題、黄色で事実、黒字で筆者の解釈を示している。以降は、図 16 の分析に基づいて記す。

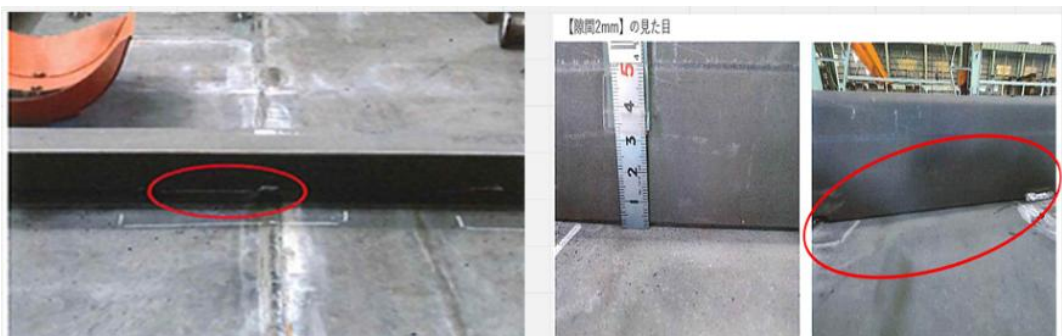


図 15：実際の母材と補材の Gap の画像

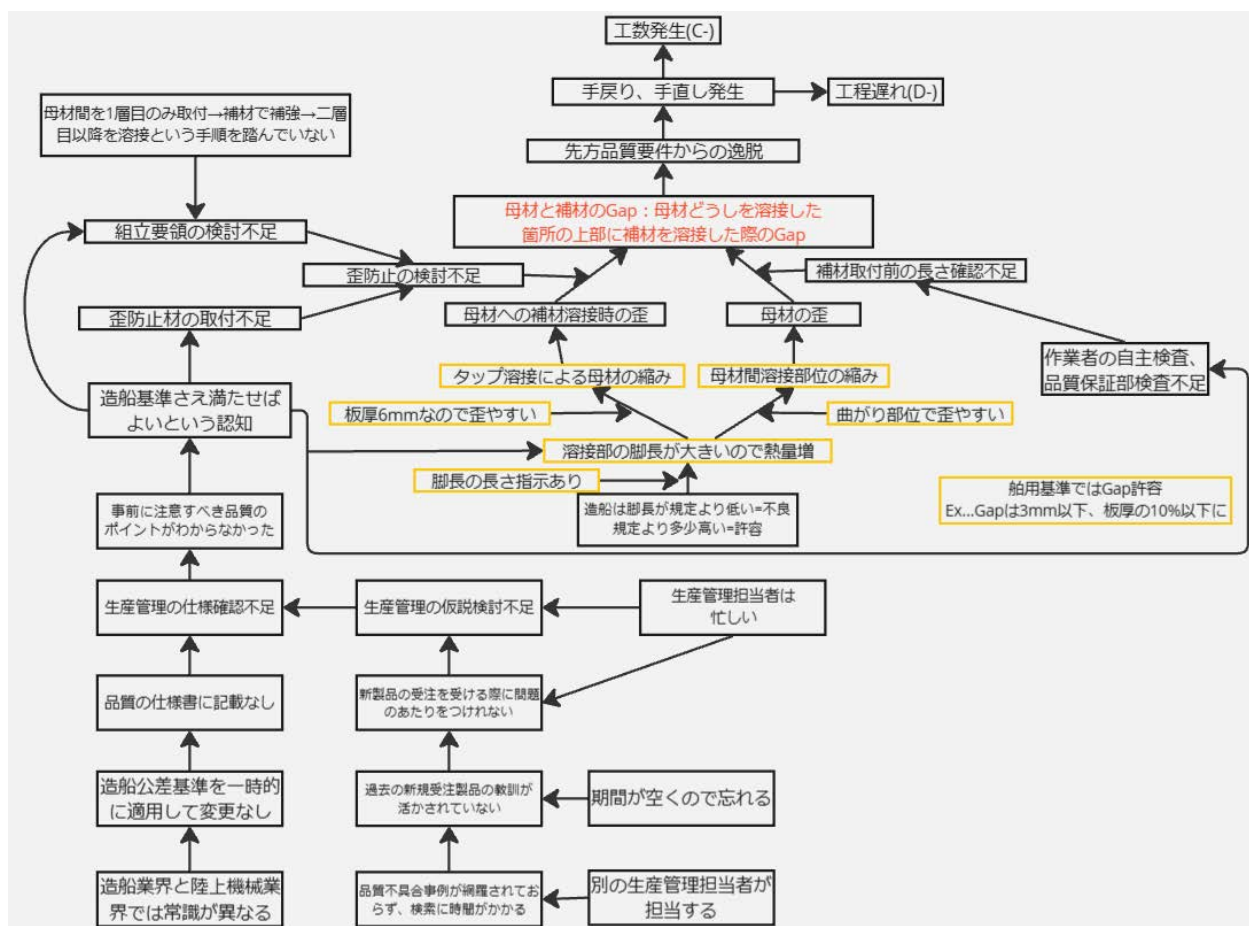


図 16：母材と補材の Gap の因果関係図

発生した問題の原因は2つに分類できる。1つ目は、母材への補材溶接時に生じた歪であり、2つ目は母材そのものの歪である。それぞれの詳細について以下に述べる。

1つ目の原因は、「母材への補材溶接時に生じた歪」である。この歪は、タツプ溶接による母材の縮みが原因であった。タツプ溶接は薄い鋼板に適用される溶接技法であり、母材にかかる熱量を抑えることを目的として採用された。しかし、結果的に母材が歪んでしまった。この歪は、母材に過剰な熱量が加わったことによるものであり、その背景には、作業者の技能の問題を除けば、溶接の脚長が適切でなかったことが挙げられる。脚長が高いほど母材にかかる熱量が増大し、歪の発生リスクが高まるためである。脚長が高く設定された背景には、造船製品との違いが作業者に明示されていなかったことが挙げられる。造船製品では、脚長が規定より低いと不良と判断されるため、図面の指示より脚長を高く溶接する傾向がある。しかし、ダクト製造では、脚長を図面通りに溶接することが求められていた。この違いが共有されていなかったことが、問題の発端となっている。さらに、「母材への補材溶接時に生じた歪」の問題が発生した前提として歪の発生を抑えるための歪防止剤や作業手順の検討が不足していた点も原因として挙げられる。例えば、母材間を1層目のみ取り付け付けた状態で補材を補強し、その後2層目以降を溶接する方法を採用していれば、歪を抑制できた可能性がある。しかし、製造現場では「造船基準さえ満たせばよい」という認識が優先され、過剰な作り込みを避けるために工数増加を抑える方針が取られていた。この背景は、品質管理を担当する生産管理担当者が品質上の重要なポイントを把握していなかったことが原因である。これは、受注時に顧客から必要な情報が共有されていなかったため、品質仕様書に記載がなかったことが原因として考えられる。特に、生産準備段階において、造船業界とダクト製品の公差基準に対する認識の違いが不十分なまま、暫定的に造船公差基準 JSQS が適用され、内容の具体的な検討がなされないまま製造に進んだことが、品質上の重要なポイントを把握していないという問題を発生させた。

2つ目の原因は母材そのものの歪である。この歪は、母材が平行ではなく、曲がりがある部位であったために生じたものである。特に、曲がりがある母材では溶接部位が縮みやすく、補材を取り付ける際にさらなる問題を引き起こした。この要因も脚長の問題に起因する部分があるが、根本的には母材の寸法確認が不足していたことが問題である。母材の寸法を適切に確認していれば、溶接前に問題を発見し、対処することが可能であったと考えられる。しかし、この確認不足は作業者の自主検査や品質保証部門の検査が不十分であったことに起因している。

ここまでの2つの原因の分析から、共に品質の重要ポイントが明示されていなかったことによって、通常の造船の製品のように製造した結果、手直しの問題が発生したことが示された。これは、品質管理を担当する生産管理担当者が、品質の仕様書に記載がなかったとはいえ、品質に関する仮説を検討し、対処すべきであった。しかし、これは「生産管理担当者が忙しい」「新製品の受注を受ける際に問題のあたりをつけることができない」という2つの原因により、仮説検討が困難であった。

仮説検討が困難であるという問題の原因の1つ目、生産管理担当者が忙しい原因は、生産管理部門が品質管理部門を兼ねているからである。すなわち、I社の生産管理担当者の日常的な業務は、生産管理としての接点管理や工程管理の業務だけではなく、複数の製品において、客先からの品質の問い合わせへの対応を行い、製造現場に情報を共有し、検査の立ち合いを行わなければならない。この状況において、品質の仕様書に記載がない内容について仮説を検討するために用いられる時間を確保することは難しい。

続いて、仮説検討が困難であるという問題の原因の2つ目、新製品の受注を受ける際に問題のあたりをつけることができていない原因は、過去の品質不具合事例の検索性が低いことで、過去の新規受注製品の教訓が活かされていないということだ。具体的には、過去の品質不具合の内容が網羅されていないことから、品質不良を検索するという行為自体が行われておらず、生産管理担当者の技能が属人化しているという状況にある。ダクトのように受注までの期間が長く空く製品では、主要な注意点が忘れられてしまう場合がある。また、異なる担当者が同じ製品を担当する場合には、過去のノウハウを十分に活用できていない状況にある。

品質情報の検索内容が網羅されておらず検索に時間を要している状況について、I社の品質情報の処理媒体の現状について述べる。表7は、現在のI社の品質情報が整理されている共有サーバーの一部を示したものである。図のように、顧客や製品名、問題の件名、その原因となった職種、発見部署、責任部門、再発防止策というように体系化されており、一見検索しやすいように見える。しかしながら、実態としては共有サーバーの運用が形骸化していることが判明した。たとえば、2024年に発生した52件の品質不良のうち、発見部署が造船所であるものが50件であり、これらの問題点に

No.	発生年月日	顧客	製品名	件名	原因職種	発見部署	発行部門	責任部門			再発防止策	再発防止処置完了年月日
								工場	グループ	責任者		
1	2024/4/7	マック	船体ブロック	外側スカートライン(FB)の変形(歪)	取付	客先造船	本社生管	本社	製造2G	A氏	歪修正後に確認をし、タッチプレート取付前に入熱作業は終わらせる。	5月22日
2	2024/4/12	サノヤス	船体ブロック	BB8pの荷崩れ	物流	客先造船	本社生管	本社	物流	B氏	教育訓練を実施し、決めたことを確実に行う	4月13日
3	2024/4/6	しまなみ	ハッチカバー	シリンダー-BKT開先忘れ	外注	客先造船	因島生管	因島	営業調達	C氏	番船ごとに図面を確認し、変更点を確認する。	4月15日
4	2024/4/28	今造本社	船体ブロック	ホールドラダー取付位置間違い	外注	客先造船	本社生管	本社	協力会社	D氏	責任者はマーキング取り付け後に確認し、溶接後に最終確認を行う	5月1日
5	2024/6/1	今造本社	船体ブロック	足元DPL溶接忘れ	生管	客先造船	本社生管	本社	生産管理	E氏	再発防止チェックシートの配布。作業者にも周知徹底し最終確認を行う	6月2日

表7：I社の情報整理

不具合報告書 (No. 22-3)

発生元 (該当に○印) ☒ 社内前工程 ☐ 外注工事

発生元 本社物装 22.5.16 古本

発生元 生管担当 22.4.26 龜井

発生元 責任者 22.4.27 大谷

発見部署 責任者 22.4.27 大谷

発見部署 担当 22.4.27 村上

発見年月日 22年 4月 23日

発見部署 製造1G

発見(報告)者 村上諭

客先 佐伯陸機

番船 Y

ブロック名 吸気ダクト

内容(該当項目に○印)

☒ 仕分け不良・面取り不良・取付誤作・取付残・溶接不良・溶接残・艀装品等取付誤作・その他

具体的内容

吸気ダクトS舷側面パネルを友表方向に反転。

友側2点の吊ビースで吊り上げ、表側を地上に接地させて反転しようとしたところ

上下方向の骨材⑩を曲損。

添付要領での切り替え対応となった。

再発防止策

反転する際は、吊りビース(主巻き、補巻き)を取り付け、上下方向での反転とし、ジブクレーン2機で行う。

物量(個数、枚数、本数など)

処置(該当に○印)

☐ 不具合発生元が手直し 施工希望日時: 5月 14日

☐ 発見部署で手直し

補足説明:

手直し工数: 8 H

補足説明: H鋼切り替え直し、艀装箇所の前後面と施工後のP分(艀印位置)を

図17：品質不良原因の管理状況

については整理されている。しかし、自社の工程内で発見された品質問題については、記載されているのがわずか2件のみであった。すなわち、I社により発生した問題の中で、自社工程内で発見された問題が掲載されていない状況にある。実際に、母材と補材のGapも掲載が成されていないが、著しく工数増大に関わる手直しの要因であった。このような情報の欠落により、生産管理担当者が過去の不具合を検索する際には、製品担当者の個別のメールや客先から送られる品質是正証明書を一つ一つ参照する必要がある。実際に筆者が共有サーバーを用いて問題を検索した際も、膨大な時間と手間がかかる作業であった。

表8に掲載されていない品質不良原因については、Noから別途紙面で整理されている情報を検索することが可能である。実際に品質不良原因の管理状況を参照すると(図17)、品質内容のタグ・具体的な不良内容のように分類されていることがわかる。しかし、検索性の観点からは問題である。例えば、実際に図17は、ダクトで発生した問題点であるが、対応する品質不良のタグが存在しないため、該当項目の○が無いことがわかる。また、紙面ではタグを参照できるが、データベース上では品質不良原因のタグで検索できないことも問題である。

以上の分析を通じて、項目番号1：母材と補材のGapの発生原因は、製造開始時点で生産管理部門から製造現場部門に、品質の重要ポイントが明示されていなかったことによるもので、その原因は「品質管理業務を兼ねる生産管理が忙しいこと」「品質不良情報の検索性が低い」ため、生産管理部門が顧客に対して品質の仮説提案をする余裕がなかったという根本原因が見出された。

項目番号3：規定値と実測値の差異

規定値と実測値の差異について述べる(図18)。この問題が発覚したタイミングは、T社の品質指導の段階であり、納入の14日前であった(表5参照)。問題については、図18の因果関係図で整理しており、同様に赤字で問題、黄色で事実、黒字で筆者の解釈を示している。以降は、図18の分析に基づいて記す。

規定値と実測値の問題が発生した原因は、I社とS社の製品接合部における位置ズレであった。この位置ズレは、指定された公差範囲と実測値の間に約1mmの差が生じたことによるものである(図19参照)。その原因は3つあり、直接的な原因は「パネル製作時の歪」と「組立時の歪」、間接的な原因は「検査不足」である。

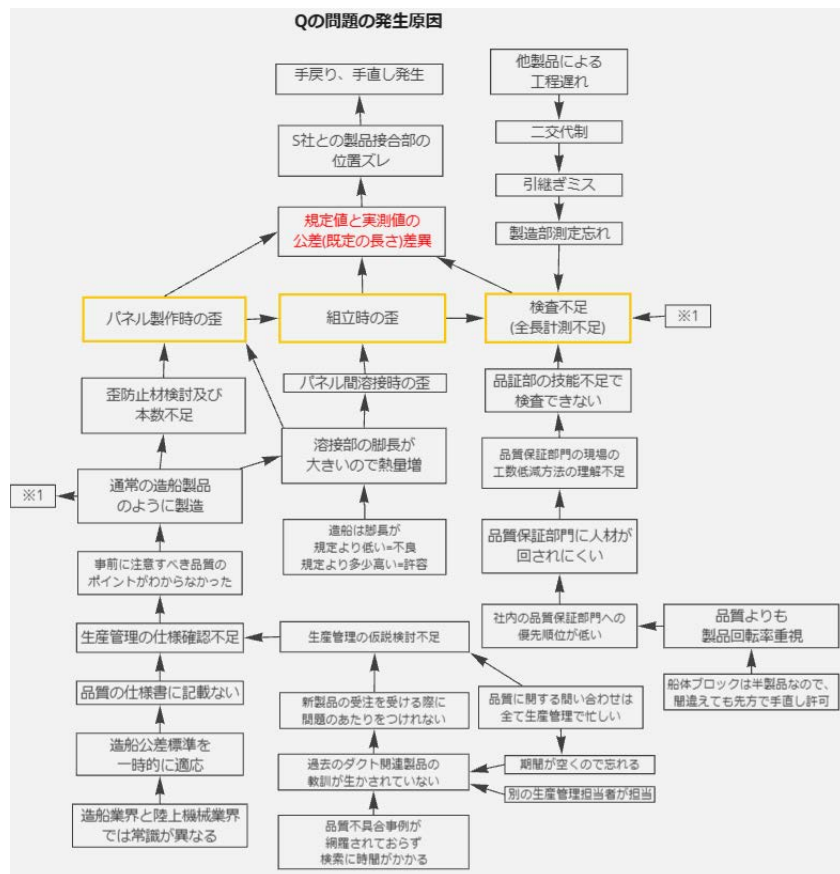


図 18：規定と実測値の差異の因果関係図

測定箇所	設計値	許容値	実測値	寸法差	合否	測定箇所	設計値	許容値	実測値	寸法差	合否
L-1	7,603.9	±8.0	7596	-7.9	良	L-9	1,558.4	±4.0	1562	+3.6	良
L-2	4,703.9	±8.0	4719	+16.1	良	L-10	7,457.5	±8.0	7471	+16.5	不
L-3	1,703.9	±4.0	1718	+14.1	不	L-11	5,683.3	±8.0	5682	-1.3	良
L-4	7,603.9	±8.0	7603	-0.9	良	L-12	4,325	±8.0	4323	-2	良
L-5	4,703.9	±8.0	4699	-4.9	良						
L-6	1,703.9	±4.0	1700	-3.9	良						
L-7	1,558.4	±4.0	1559	+0.6	良						
L-8	1,558.4	±4.0	1562	+3.6	良						

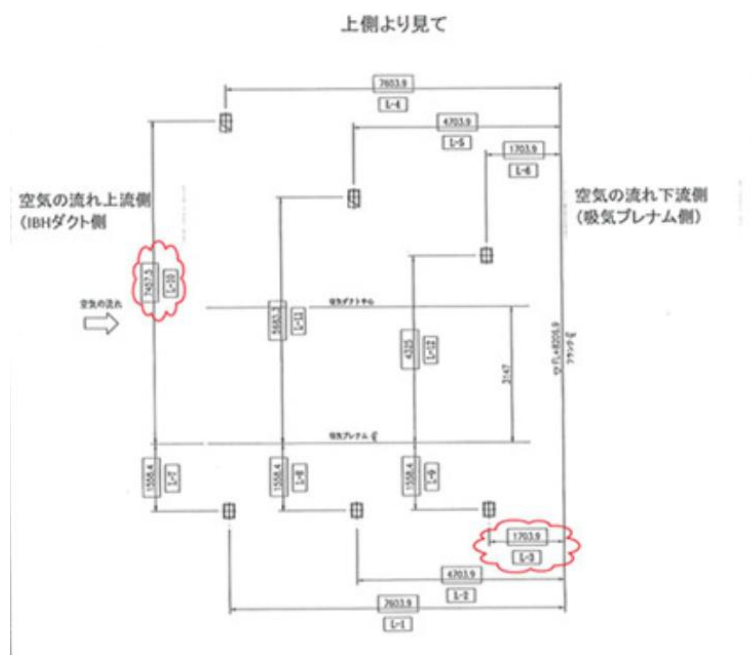


図 19：ダクト上側から見た場合の規定値と実測値の公差の差異

まず、直接的な原因であるパネル製作時の歪と組立時の歪について説明する。項目番号 1 で述べた母材への補材溶接時に生じた歪は、パネル製作時の歪の原因の一つである。したがって、項目番号 1 で示した通り、この歪が発生した背景には、事前に注意すべき品質上の重要なポイントが明示されていなかったと考えられる。その結果、通常の造船製品と同じように製造されてしまい、歪防止のための適切な検討が不足していたことが原因である。この問題が明らかになったのは次工程である組立作業時であったが、その原因の一部は前工程であるパネル製作時に発生した歪に起因していると考えられる。また、組立時の歪についても、パネル間を溶接する際に生じた歪であると考えられるが、その発生メカニズムはパネル製作時の歪と同様であり、重要な品質ポイントへの認識不足が原因として共通していると考えられる。このように、製造工程の各段階で発生した歪が、製品接合部の位置ズレという問題を引き起こしたことが明らかになった。

続いて、間接的な原因である検査不足について説明する。まず検査の問題に触れる前に、I 社に

		現状の業務フロー				理想の業務フロー			
		営業・経営層	生産管理	製造現場	品質保証	営業・経営層	生産管理	製造現場	品質保証
受注検討									
受注確定									
生産準備	工作図共有								
	組立要領検討								
	組立要領承認								
	その他前段取検討								
製造組立	材料搬入・加工								
	S社品質指導								
	1枚目パネル製造								
	T社品質指導								
	1枚目パネル手直し～組立まで								
	全体品質会議								
	手直し								
	T社品質指導								
	手直し								
	出荷								

表 8：現状と理想の業務フロー

工程	要求する技能	現状	理想
受注・生産準備	顧客との折衝能力	×	○
受注・生産準備・製造	図面・記号読解	○	○
	溶接外観検査	○	○
	溶接誤差判断能力	×	○
	検査箇所を選定能力	×	○

表 9：品質保証部門の現状と理想

おける検査体制について説明する。船体ブロックの場合、I社では製造部門が検査を行った後に品質保証部門が検査を実施し、その後、顧客が出荷前に最終的な検査を行う体制が整備されている。しかし、今回のダクト製造においては、品質保証部門の検査が一部しか行われず、顧客であるT社の検査によって問題が発覚した。製造部門の検査不足の原因は、他製品の遅延による交代遅れが発生し、それにより二交代制での作業が行われた結果、引き継ぎミスが起きたためであった。この事象そのものも問題ではあるが、そもそも顧客の最終検査以前に品質不良を検出する役割を担う品質保証部門が、一部工程の検査しか行えなかったことは、さらに重大な問題であると考えた。

検査不足の主要原因を明らかにするため、ダクト製造における品質保証部門の問題点について検討した。結果、表8に示されるように、品質保証部門は製造工程での検査を一部しか行っていないだけでなく、前工程である受注や生産準備に関与していない状況が確認された。このため、品質保証部門が受注から生産準備、製造に至る全工程に携わることができている状態を理想とし、現状の品質保証部門に不足している技能について、I社で整理されている表9に示した。ここで不足している技能として、顧客との折衝能力、図面・記号読解能力、溶接外観検査、溶接誤差判断能力、検査箇所の選定能力の5つを挙げた。技能の整理にあたって、顧客との折衝能力以外の技能については、I社で別途作成されている品質保証部技能一覧を用いた。

顧客との折衝能力とは、受注や生産準備の段階で顧客と交渉や調整を行う能力を指す。具体的には、厳しい公差に対する仕様変更の交渉や顧客が特に重視する品質要件を確認し、その内容を製造現場の実情とすり合わせるといった作業である。しかし、現状では、I社の品質保証部門は製造現場で必要とされる細かな品質仕様に対する理解が不足しているため、顧客との交渉を主導的に行うことができていない。

品質保証部門に不足している品質仕様の技能を示すにあたって、まず品質保証部門が対応可能な技能について述べる。対応可能な技能としては、図面・記号読解能力と溶接外観検査が挙げられる。

図面・記号読解能力とは、製造現場で製品を製造する際に必要不可欠な図面やその付随記号を理解する能力である。また、**溶接外観検査**とは、溶接時に部材が適切に接合されているかどうかを検査する能力である。しかし、このような技能を身に付けている一方で、品質保証部門には溶接誤差判断能力が不足している。**溶接誤差判断能力**とは、顧客から指定された公差の範囲と製造部が製造する製品の実測値の差異が問題であるかどうかを判断するものである。製造現場では、顧客からの厳しい公差要求をすべて満たすことは非現実的であるため、品質に問題がない箇所を見極めて工数削減を行う必要がある。しかし、品質保証部門は製造部門が工数削減を行う際の判断能力を有していないため、顧客からの一連の公差要求に全て応えてしまう可能性がある。したがって、現状、品質保証部は溶接外観の検査のみを担当しており、指定された公差の範囲と製造部が製造する製品の実測値の差異を測定する能力については品質保証部が担当しておらず、製造部門のみが担当しているという状況になる。

溶接誤差判断能力が欠如している理由として、I社内部で品質の厳密性の優先順位が低いことが挙げられる。I社の主力製品である船体ブロックでは、品質のミスが起きた場合でも顧客現場での手直しが可能である。このため品質の厳密性よりも製品回転率を優先するのが社内の共通認識となっている。この方針により、品質保証部門の優先順位も低くなり、製造部門から品質保証部門への異動や業務ローテーションも行われていない。その結果、品質保証部門は現場経験を通じて身につくべ

き溶接誤差判断能力を獲得できていないという状況にある。

さらに、品質保証部門には検査箇所の選定能力も不足している。検査箇所の選定能力とは、大型鋼構造物の膨大な検査対象の中から重要な品質関連箇所を選定する技能を指すが、溶接誤差判断能力が不足しているため、検査箇所の選定能力を習得することも困難な状況にある。

以上の分析を通じて、項目番号3：規定値と実測値の差異の発生原因は、品質保証部門の不全によるもので、その原因は「顧客との折衝能力」「図面・記号読解能力」「溶接外観検査能力」「溶接誤差判断能力」「検査箇所の選定能力」が不足していたことに起因することが示され、中でも溶接誤差判断能力の不足が根本原因であることが見いだされた。

項目番号6：アンダーカット

アンダーカットとは、溶接箇所に発生するくぼみのことであり、ダクト1台目から3台目の製造の各段階で確認された。この問題について、図21の因果関係図を基に分析する。図では、赤字が問題、黄色が事実、黒字が筆者の解釈を示している。

アンダーカットが発生した原因は全部で4つある。直接的な原因は「溶接の熱量が強すぎる」、「アーク長が長すぎる」、「溶接角度が鋭角」である。間接的な原因は「検査不足」である。

まず、間接的な原因として検査不足が考えられる。前項で述べた通り、本来であれば品質保証部

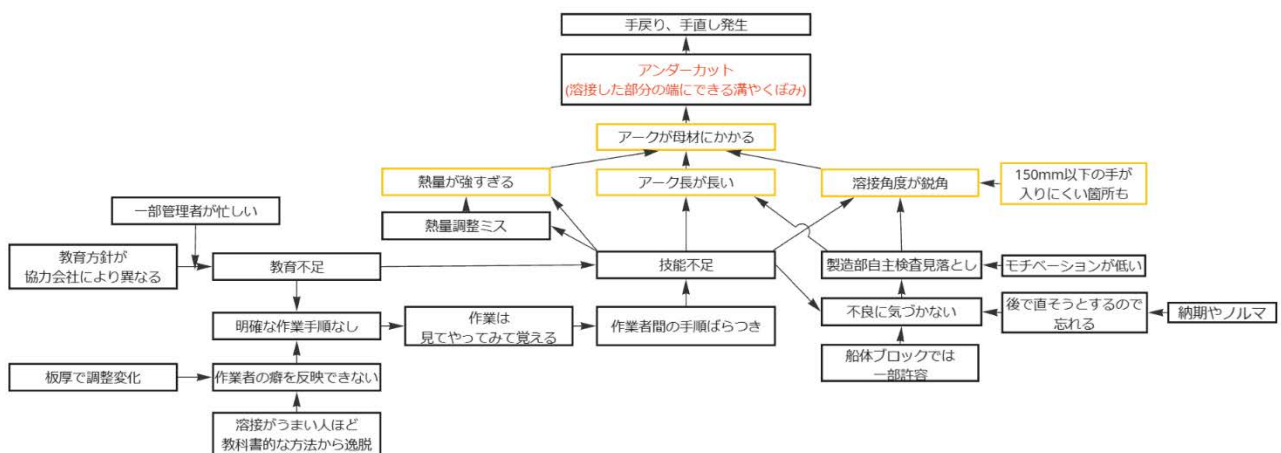


図 21：アンダーカットの因果関係図

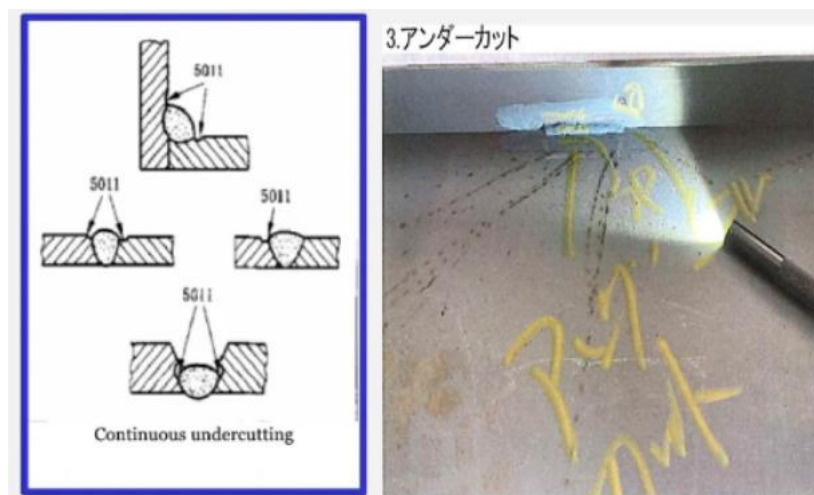


図 22：アンダーカットの実際の画像とメカニズム

門では溶接外観検査を実施できるにもかかわらず、実際にはアンダーカットという溶接不良が発生している。検査箇所が膨大であるため、検査の対象から偶然漏れた可能性も考えられるが、1 台目から 3 台目まで続けて同様の不良が発生しているうえ、造船の生産現場でも日常的に発生しているとの証言があることから、検査箇所の膨大さを真の原因とみなすのは難しいと考えられる。次に考えられる原因として、製造部に品質に関する権限が集中している点が挙げられる。通常の製造業では、それぞれ異なる責任と権限を持つ部署同士が、互いに異なる目標のもと、どのように製品を作り込むかを検討する。例えば、製造部は予定通りの納期で出荷することを品質管理は高い品質を実現することに責任を持つことが多い。これは、高い品質を追求しつつ、短い納期を目指すことはトレードオフの関係性にあるため、単一の部署が行った場合、必ずどちらかの視点で妥協が生じてしまうからだ。しかし、I 社の製造部は、期限内に製品を製造する責任だけでなく、どのように品質を作り込むかについても責任を有している。そのため、前述したような製品回転率を重視する文化の下では特に、期限内の製造という役割が優先され、結果的に品質が軽視される傾向があると考えられる。

続いて、直接的な原因としては、熱量が強すぎる場合、アーク長が長すぎる場合、さらには溶接角度が鋭角であった場合が考えられる。熱量が強すぎることは溶接機の調整ミスが原因であり、溶接角度に関しては、150mm 以下の狭い隙間での溶接が難しかったという現場の状況が背景にある。しかし、いずれの直接的な原因も作業者の技能不足が根本的な要因と考えられる。

この技能不足は、作業現場に「やって、見て覚える」という従来の文化が残っていることが原因である。この文化により、作業者間で手順が統一されておらず、ばらつきが製品の品質に悪影響を与えている。また、既存の作業手順書は、作業者個人の癖や現場の状況を十分に反映できておらず、標準化された手順として機能していない。このような手順の不備は、現場における状況の複雑さが一因である。具体的には、板厚が変化する箇所では熱量を一律に指示できないことや溶接の角度が常に異なるために、作業ごとに異なる対応が求められていた。

また、アンダーカットは、製造部の作業者の自主検査が機能していれば発生を防げる場合も多い。しかし、作業者のモチベーションが低下している状況や、納期やノルマに追われて後で修正しようと考えた作業が忘れられることが原因で、不良が見逃されることがある。また、不良が見逃される背景として、一部の船体ブロックではアンダーカットが発生していても許容される場合があり、その基準が現場の認識に影響を及ぼしている点も挙げられる。

以上の分析を通じて、項目番号 6：アンダーカットの間接的な発生原因は、品質のみを主導的に執り行う部門の不在により、製造部門が品質を兼務にしていることによる検査不足が示された。また、直接的な原因は、板厚や溶接の角度が異なることで、明確な作業手順を作成することができず、品質にばらつきがあることが示された。

4.4. 本節までの研究及び QCD の根本要因のまとめ

本研究では、第二章で I 社の経営課題を 1 次情報に基づく定量分析・定性分析の両面で明らかにしたうえで、第三章では、大型鋼構造物の設計・製造組立を行う企業が、自社の資源を前提として新規製品を受注する際における QCD の達成を阻害する根本要因の特定とその解決策を検討することという研究目的を示した。第四章では、QCD の達成を阻害する根本要因の特定に努めた。結果、Cost の問題として、「赤字を前提とした受注」「不正確な予算見積もり」「製造プロセスの課題」が示された。

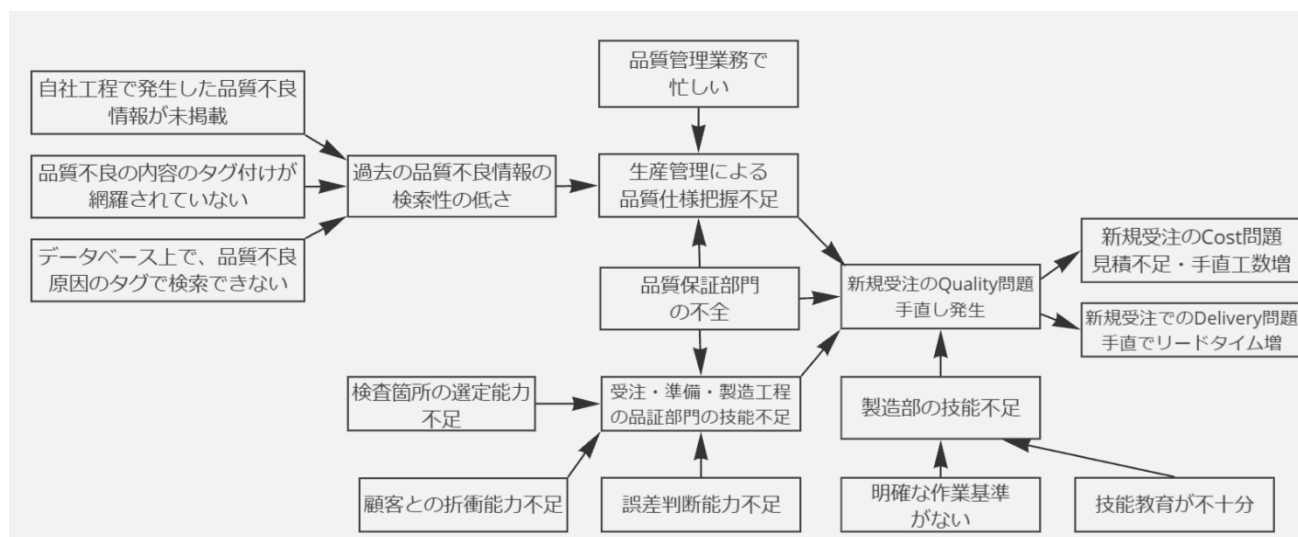


図 23：本研究から得られた問題の示唆

Delivery の問題としては、「生産準備の検討が不足した結果、製造組立工程で手直しのフェーズが発生している」ことが示された。Cost・Delivery の問題は、Quality の品質不良問題を深掘することによる解決が見込まれたため、実際の品質不良の原因について分析した。品質不良の原因の分析を通じて実際に見いだされた問題は図 23 に示した。母材と補材の歪の問題からは、生産管理による品質仕様把握不足が原因であることがわかった。その背景には、生産管理担当者が品質管理業務で忙しいこと、過去の品質不良情報の検索性の低さによるものであるとわかった。検索性の低さについてはさらに原因を深堀可能であった。すなわち、自社工程で発生した品質不良情報が未掲載であること、品質不良の内容のタグ付けが網羅されていないこと、データベース上で品質不良原因のタグを検索できないことが原因であった。規定値と実測値の際の問題からは、ダクトの受注・準備・製造工程にて品質保証部門の技能が不足していることがわかった。中でも、顧客との折衝能力・誤差判断能力・検査箇所の選定能力が不足していた。最後に、アンダーカットの問題からは、製造部の技能不足が原因であることがわかった。これは明確な作業基準がないことや技能教育が不十分であることが原因であった。

5. 解決策

5.1. 本研究で得られた問題に対する全社的な解決策

主たる解決策は、品質保証部門の強化と製造現場の技能向上である。

まず、品質保証部門の解決策について述べる。現在 I 社は、スタンランプ(図 1 参照)において、品質不良が多発している状況であり、社内で 1 年間検証を続けているものの解決していない。これに対して、品質保証部門の強化で問題の歯止めを行おうとしている。そこで実行された目標は、表 11 の通りであった。すなわち、過去の不具合の共有と検査のレベルアップという目標が制定されており、前節検討した Quality の問題と What(何をするか)の部分は類似があるように見える。しかしながら、How(どのように解決するか)の部分は異なっていた。すなわち、過去の不具合の共有に対しては、I 社の具体的

品質部門目標	I社の具体的な取組	本研究からの取組示唆
過去の不具合の共有	社検を確実に行う	○生産管理忙しい →品質管理業務を生産管理から品質保証部門に移管 ○過去の品質不良情報の検索性が低い →品質不良原因のタグ付け実施 →データベース上で品質不良のタグを検索可能に →自社工程で発生した品質不良を掲載
検査のレベルアップ	外注先検査を増やす ローテーション/人員増員	○顧客との折衝能力不足 →2部門(製造部門・生産管理)の技能が必要で、ただのローテーションでは時間がかかりすぎるので、必要な能力を特定して効率的に経験を積む ○誤差判断能力不足・検査箇所選定能力 →製造部門で身につけれるが、以下同文

表 11：品質保証部門に対する解決策

な取り組みは社検を確実に行うというものであるのに対して、本研究からの取り組みの示唆は、生産管理部門が忙しいということについては、品質管理業務を生産管理から品質保証部門に移管するということ、過去の品質不良情報の検索性が低いことについては、品質不良原因の網羅的なタグ付けを検討することやデータベース上で品質不良のタグを検索可能にすること、自社工程で発生した品質不良を掲載するような仕組みを作ることなどが挙げられる。また、検査のレベルアップについては、I社の具体的な取り組みは外注先検査を増やす/ローテーションと人員増員で技能をレベルアップすることが示されているが、これに対して、本研究からの取組示唆は、顧客との折衝能力については、製造部門と生産管理部門の2部門の技能が必要で、通常のローテーションでは時間がかかりすぎるため、必要な能力を特定して効率的に経験を積む必要性が示唆された。ここでの経験を積むべき技能の指針として、誤差判断能力を身につけることができるか、あるいは検査箇所選定能力を身につけることができるかという基準は重要であろう。一方で、誤差判断能力を製造現場で身につけるべきと考えるのは、そもそもの考え方が誤っている可能性がある。なぜなら、設計時の図面と製造する際の品質に乖離があるという状態は、作業者各々の解釈を基に製造を行うことに繋がり、結果として品質にばらつきが生じるからだ。加えて、船体ブロックとは異なる品質基準の製品を受注した際、顧客・業界ごとに異なる品質基準を使い分ける必要が生じる。この結果、人為的なミスを誘発するリスクが懸念される。したがって、設計時の図面と製造際の品質に乖離があるという状況を解消するため、製品毎に社内で製造する際の品質基準を見える化するような、統一的な図面を提供する必要があるだろう。

品質保証部門を強化するだけでは、新規受注に対応する業務プロセスが万全とは言えない。理由は、現場での製造の技能が不足しているからだ。技能不足を解決するためには、明確な作業基準を策定し、協力会社を超えた技能教育を推進することが必要だ。さらに、ダクト製造においては、船体ブロック製造の際は用いない、歪の発生を抑える高度な溶接技法が求められることが明らかになった。

船体ブロック製造よりも高度な取付・溶接技能が求められることが明らかとなった。特にタップ溶接のように部材間の Gap が露出する溶接技法であるにもかかわらず、顧客からは Gap をゼロにすることが求められていることが挙げられる。この品質要請に対応するためには、歪の発生を抑える高度な溶接技

法の習得が求められる。また、アンダーカットなどの溶接不良が日常的に発生しない体制を構築することも必要だ。したがって、今後、船体ブロックとは異なる品質基準の製品を受注する際には、より広範な溶接作業への対応が求められるため、製造部門の技能向上は不可欠であろう。

このほかの解決策として、多品種混流のラインと船体ブロックだけ作る製造ラインに分割することも有効であろう。この際、作業者の技能的なレベルが未熟な間は船体ブロックを担当して、技能的なレベルが習熟してくると多品種混流ラインに配属することで対応可能だ。この前提として、一定の新規製品の受注を取得できることは必須であるが、この問題に対しては、I 社の QCD 能力を持続的に高めることで対処可能である。

5.2. 本研究で得られた問題に対する筆者の解決策

5-1 で全社的な解決策を示したが、実際の現場での実行には二つの課題がある。第一に、問題の解像度をさらに高める必要がある点が挙げられる。特に、品質保証部門の機能不全や製造部門の技能不足の根本要因の一つである誤差判断能力については、どのような場面で、なぜ発生するのかをより詳細に分析することで、改善の方向性が明確になると考えられる。同様に、品質不良情報の改善においても、過去の I 社における不良事例をひとつひとつ精査することで、今後の品質不良に対応する体制を構築できるだろう。第二に、I 社が中小企業であるがゆえに、問題解決に取り組むための人員が不足している点が挙げられる。この課題に対応するためには、筆者が来年度の入社後に主体的に取り組む必要があると考えられる。そこで、本節では、筆者が 4 節で示した問題に取り組む場合の具体的な進め方を、四つのフェーズに分けて示す(表 12)。

フェーズ 0 は準備段階にあたる。筆者が 2025 年度に入社した後は、まず製造部門において基礎的な取付技術や溶接技能を習得する必要がある。その後、本社工場の主力製品である船体ブロック、スタンランプ、リフトブルデッキの各製品を担当し、それぞれの品質の違いを、経験を通じて理解することが求められる。さらに、因島工場においてハッチカバーを担当し、稼働部品特有の 1/10mm 単位での品質管理の重要性を学ぶことが必要である。この過程において、技能の習得を促進するためには、現場の職人との関係構築が不可欠であるため、交友を深める活動も重要だろう。このような取り組みを通じて品質に関する知識・経験を深めることは、今後筆者にとってライフワークとして取り組むべき課題である。

フェーズ 1 は本研究で得られた知見に対して、自身で行動していく段階にあたる。この段階では、Small Start、すなわち課題を小さく特定して、そこで徐々に実績を出すことが重要である。なぜなら、実績がなければ協力者を増やすことは難しいからだ。例えば、実際の問題として、品質不良情報の検索性を上げるために I 社のデータサーバーをアップグレードすることは、仕事の負荷を低減させ、手直しの減少に繋がり、かつ本研究で具体的な解決策が得られているため実績を出しやすい。加えて、筆者の IT 業界での R&D 部門での勤務経験も、解決に資するものとなるだろう。このほかの解決すべき問題点として、誤差判断能力がある。フェーズ 0 で得られた知見を基に技能を明文化する準備も進めてよいだろう。

フェーズ0：準備	フェーズ1：Small Start	フェーズ2：具体的な実装内容提案	フェーズ3：事後的なフォローアップ
○本社・因島工場の製造又は生産管理部門で経験値を積む ○品質に関連する知識を身に着けることをライフワークとする	○品質不良情報の検索性の低さ ・データベースの作成 ・タグ付け ○誤差判断能力の明文化	○品質強化の目的の周知 ○品質保証・製造部門トレーニングプラン実施 ○生産管理から品質保証に、品質機能を移管する際のスケジュールや役割分担検討 ○新たな組織体制の提案	○移管後の課題抽出と対策 ○品質保証の専門性を高めるための研修や資格取得支援などを継続的に実施

表 12：問題に取り組む場合の具体的な進め方

フェーズ2は、本研究で得られた知見を、全社的に実装していく段階である。例えば、品質強化の目的、品質保証の強化と製造部門の技能向上は、一時的な対策ではなく、企業の競争力向上に直結する長期的な課題であるということの周知を粘り強く行うということは重要だろう。品質保証・製造部門のトレーニングプランを実施すること、生産管理から品質保証に品質機能を移管する際のスケジュールや役割分担を検討すること、新たな組織体制を提案することなどが考えられるだろう。

フェーズ3は事後的なフォローアップである。この活動では、フェーズ2で実施した提案がより良い仕組みとなるよう、試行錯誤することが重要である。例えば、品質機能を移管した後の課題の抽出やその対策案を検討は必要不可欠であろう。更に、品質機能の移管後には、品質保証の専門性を高めるための研修や資格取得支援などを継続的に実施することも重要だろう。

以上のように、筆者は、本研究で得られて問題に対して、入社後に段階的なアプローチを通じて問題解決に取り組むことを想定している。

6. 考察

本研究では、I社が100年企業を目指す過程で避けられない問題として、造船の需要低下を取り上げ、その解決策として、新規製品に着目し、QCDの問題が発生しないようにするための解決策を示した。これは、I社が100年企業を考えるうえでの一助になることが示されただけでなく、品質の観点からI社の船体ブロックやスタンランプにも資する施策となるだろう。しかしながら、100年企業を達成していくためには、経営者として対処すべき問題は多数存在する。

I社を取り巻く外部環境の問題として挙げられるのは、例えば、日本の造船業界は劣勢であることが挙げられる。現在、中国・韓国の不当廉売により造船市場が不平等な状態となっているため、徐々に日本の造船業のシェアが減少しているという状況にある。このような、構造的な問題は今後も継続するだろう。また、地方の人口が減少していくことで、労働集約的産業としての造船業が生き残ることが難しくなっていくという背景がある。したがって、これに対するIT化や雇用政策は必要不可欠であろう。しかし、人口減少の問題はI社のみが制することで解決できるものではない。なぜなら、I社が外注する構外・構内の協力会社が衰退すれば、大型鋼構造物の製造も徐々に規模を減少していかざるを得ないからだ。これに対しては、協力会社や造船会社と共にスクラムを組んで一丸となって対処すべき問題であろう。このほかにも、南海トラフ地震を始めとする災害のリスクにも注視すべきであろう。

I社の内部環境の問題としては、例えば、十分な需要が見込めない事業に対する過度な投資により、資金を回収できなくなることや危機への対応が後手に回ることなどが挙げられる。これらについては、十分留意して意思決定を行いたい。

付録 1：造船不況の発生要因

1975 年から 1979 年にかけての要因について、堂野（1992）は、海運市況の低迷による海上荷動量の激減が船舶需要の減少につながったと論じている(8)。具体的には、世界の係船（船舶が停泊中の状態を指す）中の船舶の総積載能力が増加した結果、キャンセル料が増大し、新造船の許可実績が落ち込んだと述べている（図 25）。このような海運市況の低迷の背景には、1979 年の第二次オイルショックによる原油価格の高騰が挙げられる。原油価格の上昇により世界経済が鈍化したことが、海運需要の縮小を引き起こした。また、1975 年以前の船舶の過剰供給もこの時期の需要減少の要因として指摘されている(8)。

次に、2012 年から 2014 年にかけての造船需要の下落については、リーマンショックによる世界経済の低迷が大きな影響を与えたとされている(9)。この期間、新造船の受注が急激に減少し、国内で作る新造船がほぼなくなるといわれる"2014 年問題"が発生した(9)。また、(10)によれば、韓国や中国では、この時期に造船所の淘汰が他国に先駆けて進行していた。具体的には、中国船舶工業行業協会が「2012 年から 2013 年にかけて、一部の造船所ではすでに仕事がなくなっている」と報告している。この状況は、造船需要の低迷が特に韓国や中国の業界に深刻な影響を及ぼし、企業の存続に直結する問題となっていたことを示している。

さらに、2020 年から 2022 年の生産量の減少は、コロナウイルス（COVID-19）の影響によるものである。パンデミック対策として、多くの国がロックダウンや前例のない封じ込め措置を実施したことにより、貨物輸送量が大幅に減少し、海運市況が落ち込んだ。これにより、新造船の需要も低下したと考えられる(11)。

総じて、金融市場の低迷や国際関係の悪化といった外部要因による海運市況の低迷が、海上荷動量の激減を引き起こし、船舶需要に大きな影響を与えていると言えよう。これらの要因は、今後も同様に発生する可能性が十分に考えられる。

また、造船業界における市況変動の要因として、為替レートの影響も挙げられる（図 26）。外航

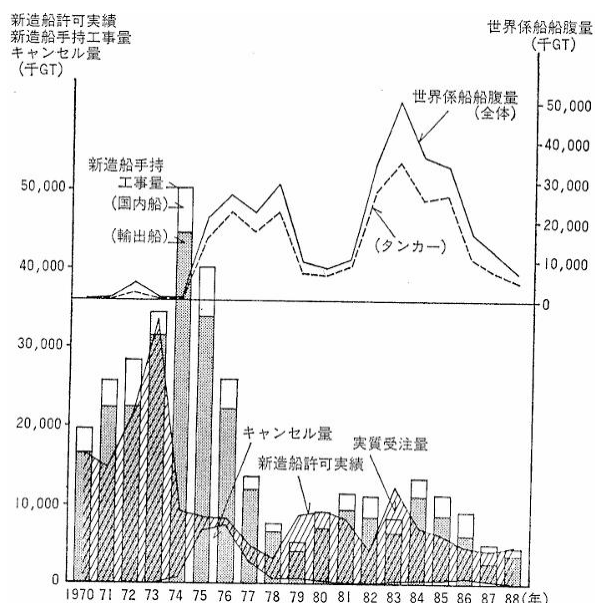


図 25：新造船受注量・世界係船船腹量の推移

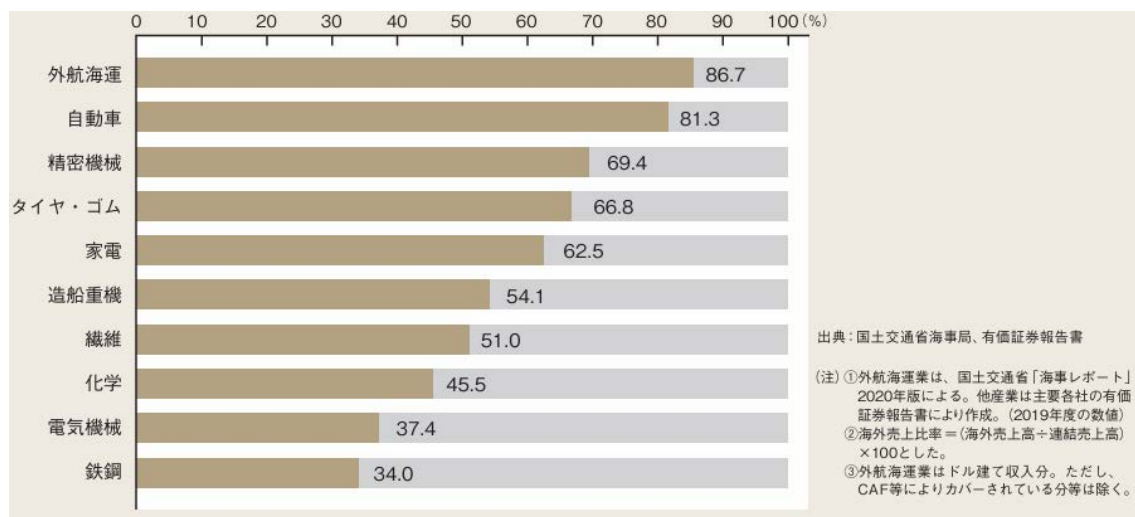


図 26：外航海運のドル建て比率と他産業の海外売上比率の比較 国土交通省海事局(12)

海運におけるドル建て収支比率が全売上高の 86.7%と高いため、他産業に比べて為替変動の影響を受けやすい構造となっていることが指摘されている(12)。

付録 2：造船の需要変動により倒産/縮小した会社の事例

付録 1 で造船業界の造船需要の低下のメカニズムについて示した。では、1975 年から 1979 年、2012 年から 2014 年、2019 年から 2023 年にかけて、実際にどのような会社が造船部門から撤退したのだろうか。

まず、1975 年から 1979 年の需要低下により撤退した企業は日立造船（現カナデビア）である。日立造船は創業 120 余年の歴史を持ち、当時最大の造船会社の一つであった。しかし、1979 年までに需要が低下し、その後 1990 年まで回復しなかった。この間、1985 年のプラザ合意による円高ドル安への転換が追い打ちをかけ、2002 年に造船事業を分離するまでに 1,400 億円近い損失を計上した(13)。また、経営合理化の一環として日立造船因島工場からの造船部門撤退が決まり、1980 年代後半から数千人規模の人員削減が行われた。当時の新聞には「島が沈む」と報じられるほど、地域経済に大きな影響を与えた(14)。

次に、2012 年から 2014 年の需要低下により撤退した企業は川崎重工業である。同社は現在も国内第 2 位の造船竣工量を誇るが、2017 年に 2020 年までに造船事業を約 3 割縮小する構造改革を実施すると発表した(15)。この際、約 2,500 人の人員削減は行わず、定年退職による自然減や他部門への配置転換で対応したが、造船事業の売上高は 1,000 億円規模から 2020 年度には 700 億円規模に縮小された。この背景には、海運市況の低迷に伴う船腹過剰があり、さらに中国・韓国政府による造船業支援政策が続く中での国際競争の激化も要因として挙げられる(4)。川崎重工業の有価証券報告書（2017 年）には、新造船価が回復基調にある一方で、競争環境が厳しい状況が続いていることが記載されている(16)。また、図 2 によると、2010 年代には中国・韓国の企業の生産量が増加しており、価格競争の激化が撤退の一因であることが示唆される。さらに、造船業は建造に数年を要するため、景気悪化の影響が実際に出るまでにタイムラグがあることも背景にある。また、2012 年の三菱重工業の造船製造部門の縮小は I 社に大きな影響を及ぼした。

さらに、2019 年から 2023 年の需要低下により撤退した企業は三井 E&S ホールディングスである。同社は約 100 年の歴史を持つ企業であったが、2021 年にグループ従業員の約 1 割にあたる 1,000 人の削減を進めた。このうち千葉工場の約 460 人の従業員について配置転換を検討していたが、困難となり半数弱を希望退職に切り替えた。また、主要企業の一つであるジャパンマリンユナイテッドも舞鶴事務所の商船建造からの撤退を表明しており、その背景には国際競争の激化や新型コロナウイルス感染拡大の影響があると指摘されている(17)。

付録 3：I 社の全製品の売上高・単価・製造量変動

2010 年-2013 年の売上高及び売上高営業利益率の減少傾向の詳細について詳しい内容を製品単位で示す。図 27、図 28、図 29 はそれぞれ 2010 年-2013 年の製品別の売上高、生産量、単価の変化を表したものである。



図 27：2008 年から 2023 年の製品別の売上高の推移



図 28：2008 年から 2023 年の製品別の生産量の推移



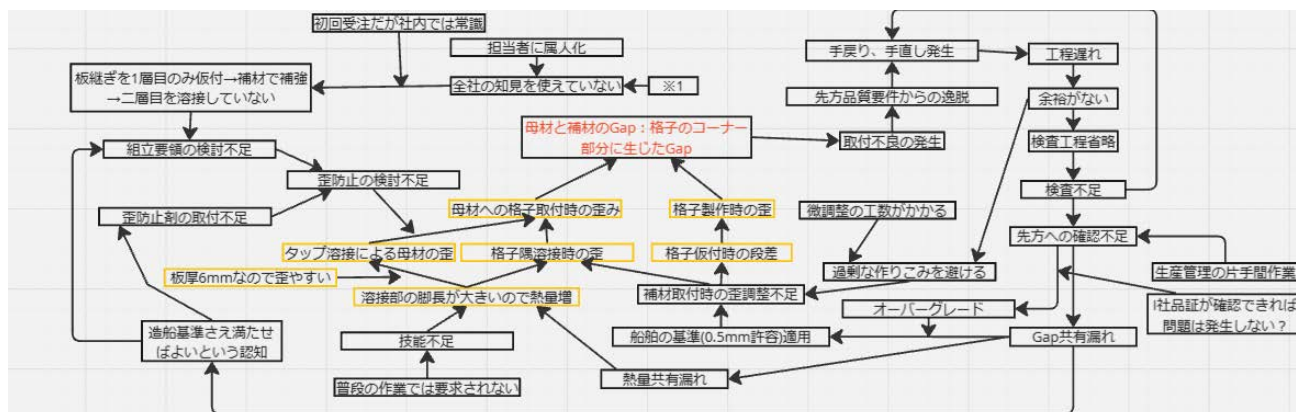
図 29：2008 年から 2023 年の製品別の単価の推移

2010 年～2013 年の売上高および営業利益率の減少傾向について、図 6～8 に基づき詳しく分析すると、製品ごとの生産量と単価の下落が主因であることがわかる。図 6 に示す製造別売上高では、2010 年～2013 年の間にすべての製品で売上の減少が確認され、特に船体ブロックの下落が大きく、次いでリフトブルデッキが減少している。この減少傾向は、前項で述べた 2010 年～2014 年の造船需要低下と一致している。また、ファンネルと Ro 装置については元データの都合上統一されている。

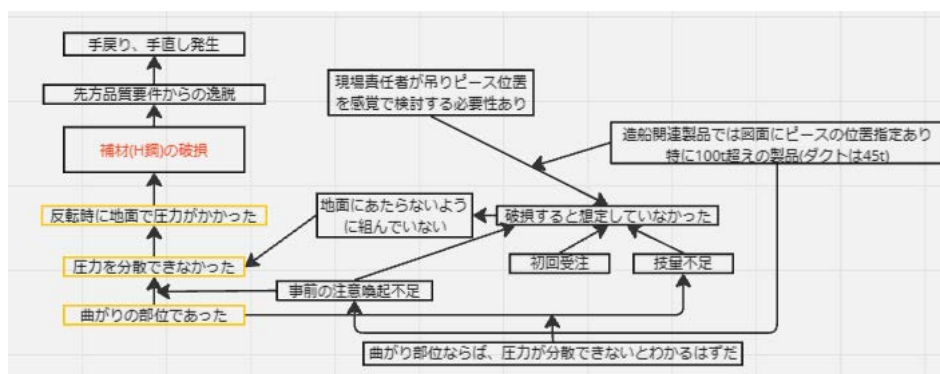
図 28 に示される製品別生産量では、リフトブルデッキを除いて 2010 年～2013 年の間に全体的な減少が確認される。

図 29 に示される製品単価（1 トンあたり）では、船体ブロックやハッチカバーなどの造船製品で単価の緩やかな下落がみられる。一方、陸上機械は単価が上昇しているように見えるが、これは受注量が少ないためであり、全体への影響は限定的である。

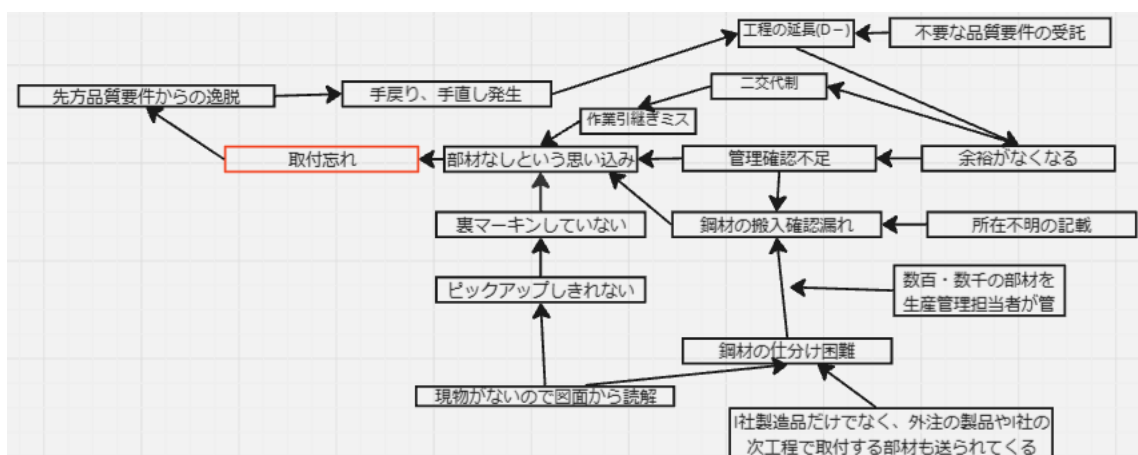
付録 4：因果関係図



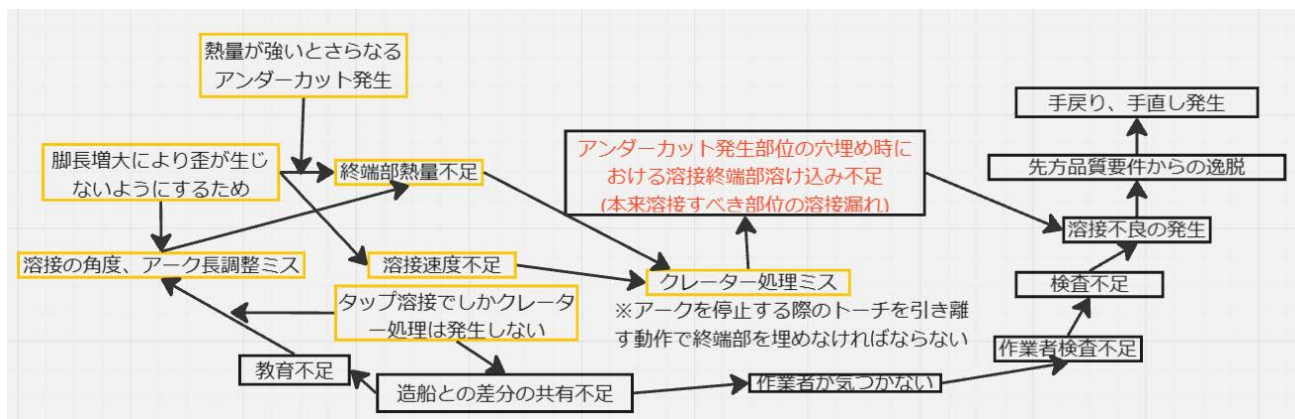
項目 2 の因果関係図



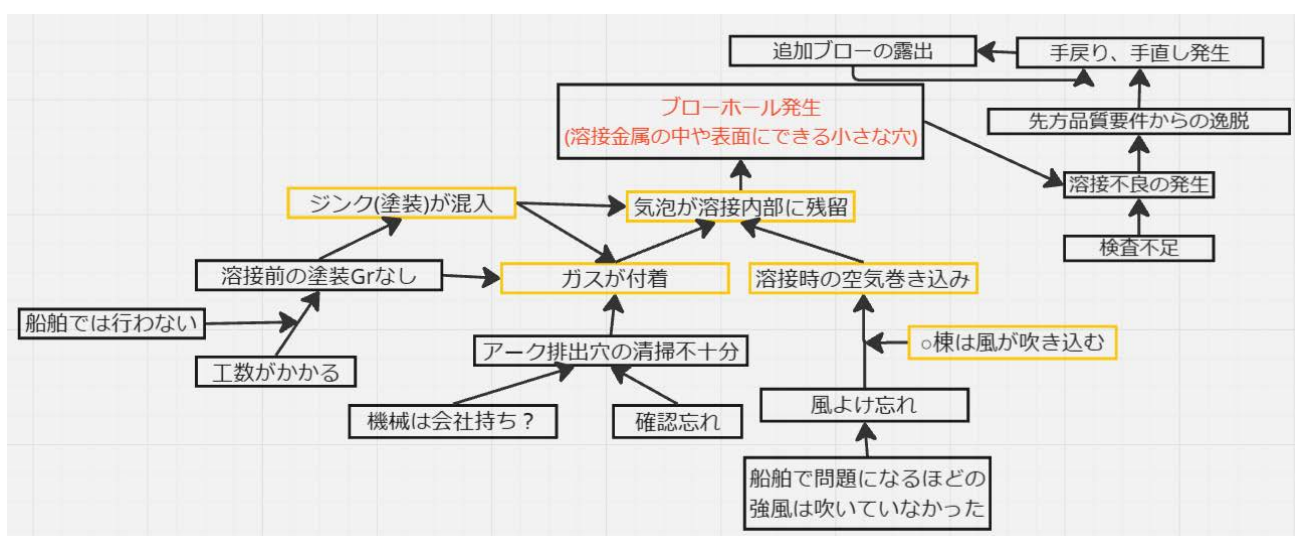
項目 4 の因果関係図



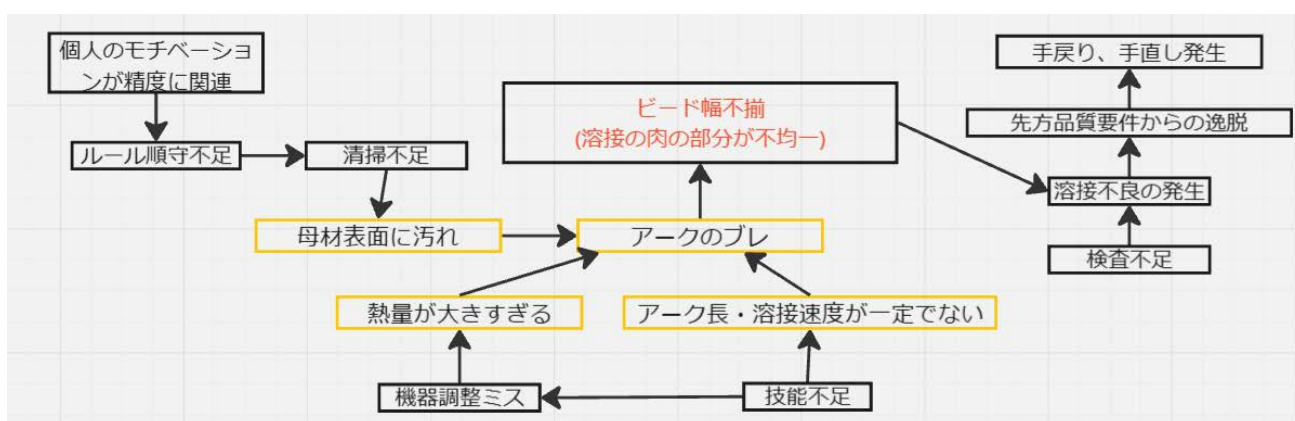
項目 5 の因果関係図



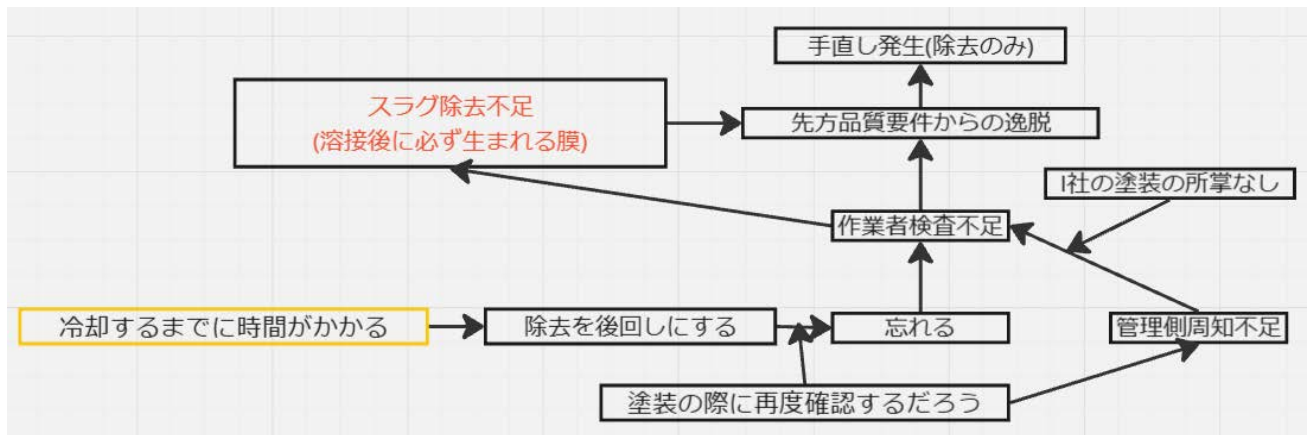
項目 7 の因果関係図



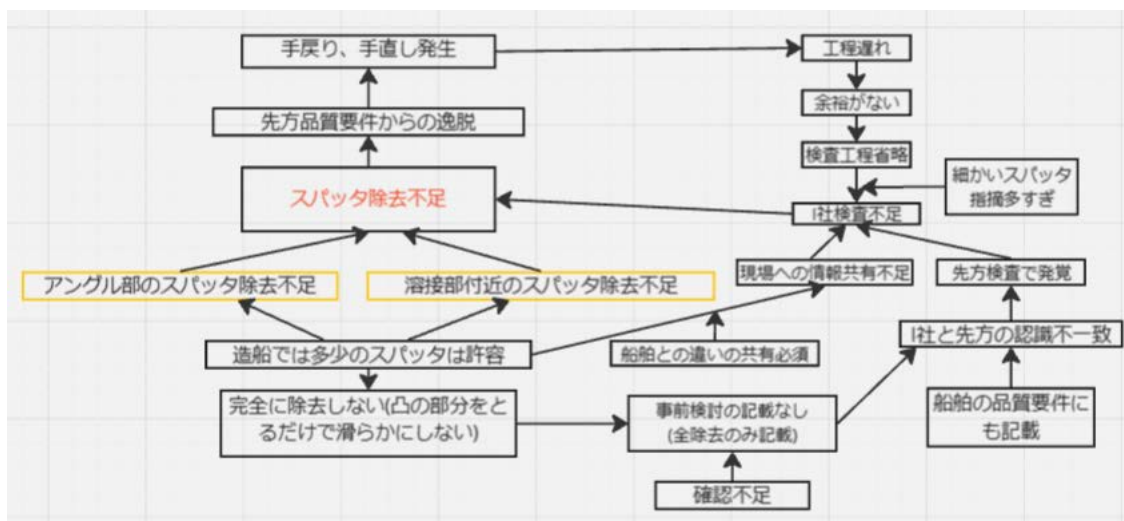
項目 8 の因果関係図



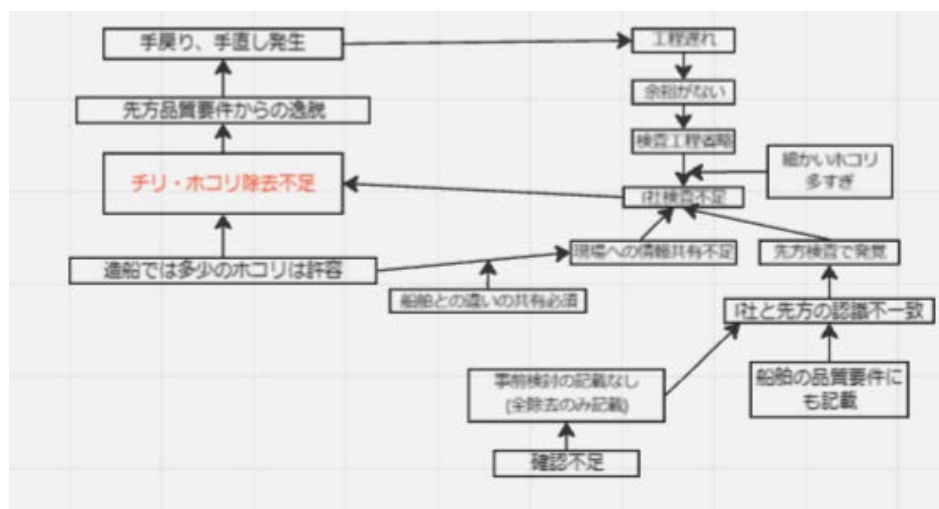
項目 9 の因果関係図



項目 10 の因果関係図



項目 11 の因果関係図



項目 12 の因果関係図

参考文献

- (1)Business research insights(2024)「造船市場規模、シェアレポート、2032 年までの世界予測」
<https://www.businessresearchinsights.com/jp/market-reports/shipbuilding-market-112404>
- (2)株式会社レポートオーシャン(2024)「世界造船市場規模 2023-2032 年 | 2032 年までに 1,970 億ドルに達する成長予測 | 包括的分析と業界予測」
<https://www.reportocean.co.jp/industry-reports/shipbuilding-market>
- (3)United Nations(2024)“Department of Economic and Social Affairs Population”
- (4)国土交通省(2023)「造船業界の現状と課題」
<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001348308.pdf>
- (5)東洋経済オンライン(2021)「淘汰進む韓・中造船 消耗戦でも大手は残る 台頭したアジア造船産業の今」
<https://toyokeizai.net/articles/-/12238>
- (6)藤本隆宏(2021)「生産マネジメント入門Ⅱ：生産資源・技術管理編」
- (7)Stefan Thomke & Takahiro Fujimoto (2000) The Effect of Front-Loading Problem-Solving on Product Development Performance
- (8)堂野 智史(1992)「わが国造船業の立地再編に関する一考察：1970 年代中盤から 80 年代後半を中心として」
- (9)PRESIDENT Online(2013)「“2014 年問題”目前で造船大手の再編待ったなし」
https://president.jp/articles/-/9430?utm_source=chatgpt.com
- (10)海事プレス ONLINE(2024)「薄れる造船不況の記憶」
<https://www.kaijipress.com/column/aotou/2024/07/185973/>
- (11)Scientific Reports(2021)“COVID-19 Impact on Global Maritime Mobility”
https://arxiv.org/abs/2009.06960?utm_source=chatgpt.com
- (12)国土交通省海事局(2023)「外航海運のドル建て比率と他産業の海外売上比率の比較」
https://www.jpmac.or.jp/img/relation/pdf/2023_04.pdf
- (13)公益財団法人日本生産性本部(2021)「コロナ危機に克つ：日立造船 本業からの撤退に学んだこと」
<https://www.jpc-net.jp/research/column/detail/005621.html>
- (14)東洋経済オンライン(2012)「検証・三光汽船 2 度目の破綻の真相 海運市況の崩壊で“座礁”」
<https://toyokeizai.net/articles/-/11964>
- (15)海事プレス ONLINE(2017)「市況左右する造船能力の「復原性」、中韓造船の受注残実現性に再び関心」
<https://www.kaijipress.com/news/old/2017/09/117227/>
- (16)川崎重工業(2017)「第 195 期（平成 30 年 3 月期） 有価証券報告書」
https://www.khi.co.jp/ir/pdf/y_195.pdf
- (17)三井E & S HD（旧三井造船） 船舶建造から撤退…造船のまちは【岡山・玉野市】
<https://www.ohk.co.jp/data/26-20200806-00000011/pages>

謝辞

本修士論文の執筆に際し、多くの方々から温かいご支援をいただきましたことに、心より感謝申し上げます。

指導教員の坂爪裕先生には、研究テーマの選定から論文完成に至るまで一貫したご指導を賜りました。毎週のゼミでは、経営者としての今後の人生を見据え、何を問題とすべきかについて深く考える機会を与えてくださいました。「なぜ?」「どうして?」と問いかけていただいたことで得た気づきは、今後の経営の指針となるものです。

また、坂爪ゼミの田中順也さん、イ・ヨンジュンさん、工藤亮平さん、長田行さん、成田恭兵さんにも大変お世話になりました。経験豊富なゼミの皆様との議論を通じて、自身の不足している能力の知覚だけでなく、今後経営者として目指すべき理想を明確にすることができました。さらに、論理の細部や発表の表現についても的確な助言をいただき、自分一人では修正が困難だった点を改善することができました。

副査の稲田先生、大藪先生にも心より感謝申し上げます。稲田先生には、現場目線で問題解決に取り組む重要性をご教示いただき、大藪先生には、本質的な課題に立ち返ることの意義を学ばせていただきました。お二人の助言は、本研究の方向性を大きく導いてくださいました。

本研究のフィールドワークを進めるにあたり、多大なるご協力をいただいた I 社の皆様にも、深く感謝申し上げます。現場での貴重な経験や知見を共有してくださったおかげで、実務に根ざした学びを得ることができました。この経験は、来年度からの実務にも活かされる貴重な財産となると確信しています。

最後に、日々支えてくれた家族や友人にも、心より感謝申し上げます。彼らの励ましや支援がなければ、この 1 年間を乗り越えることはできませんでした。本当にありがとうございました。

以上