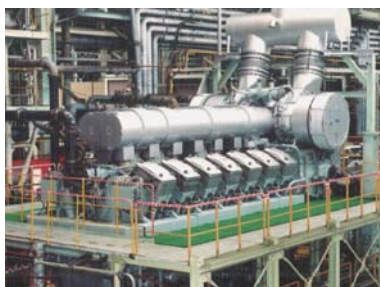
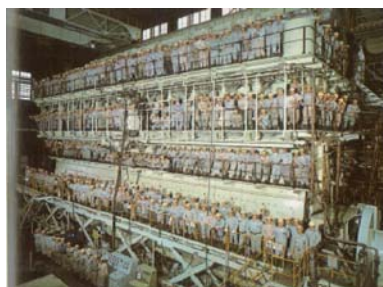


# 機械（エンジンおよびプレス機械）

Machinery (Diesel Engines and Press Machines)



田中春夫 Haruo Tanaka ①

中村一行 Kazuyuki Nakamura ②

## 1. はじめに

本稿はディーゼルエンジンおよびプレス機械の歩みと展望について述べたものである。

2章では、ディーゼルエンジンについて述べる。エンジンは旧大阪鉄工所時代から今日に至るまで60年以上日立造船発展に大きな役割を果たしてきた。1936年に船用ディーゼルの生産開始に踏み切り、当社独自設計の「大鉄型ディーゼル」の開発、「桜島工場」でのエンジン製造体制の確立、そして終戦と共にB&W社およびSulzer社ライセンス取得し製造メニューの拡大、大出力化を進めてきた。

3章では、当社におけるプレス関連事業の歴史と、1999年に日立造船(株)プレス部門と福井機械(株)を統合し誕生した(株)エイチアンドエフにおける事業発展の歴史及び、現在取り組んでいる次期の革新的なプレスシステムについて紹介する。

## 2. ディーゼルエンジン

**2.1 日立造船エンジン事業の歴史** 日立造船のディーゼルエンジンとの出会いから今日の電子制御エンジンに至るまでの組織、技術変革そして主な開発エンジンを時系列で末表に示す。

**2.1.1 当社の「船用ディーゼルとの出会い」<sup>1)</sup>**  
ディーゼルエンジンは1912年前後から船用推進機関

として優秀性が次第に認められ、海運業者は競ってディーゼル船の建造に着手した。日本で最初のものはビッカース型600馬力ディーゼルエンジンを搭載した「音戸丸」である。当社では1913年にB&W型900馬力（単動四サイクル6-500x900,140rpm）2基搭載の貨客船「紅丸」を建造し、黒煙で悩まされることもなくなったと好評で「瀬戸内海の女王」ともはやされた。

以降、1928年に10,000トン級の大型貨物船「平洋丸」「平安丸」を日本郵船(株)から受注した。主機は三菱長崎製Sulzer四サイクルエンジンやB&W製四サイクルエンジンを搭載し、両船とも太平洋航路の優秀船として好評を得た。この建造で当時桜島工場の造機技術者が世界最新鋭のB&W型エンジン、Sulzer型エンジンをマスターし大きな自信を得ることができ、独自エンジンの生産へと繋がった。

### 2.1.2 当社独自ディーゼルの生産開始<sup>1)</sup>

1936年に当社経営が日立製作所の傘下に入り、生産分野の棲み分けが行われ、桜島工場の車両部は日立製作所に移管され、代わりに船用ディーゼルエンジン製造が決定され、そして桜島工場に「内燃機課」設立となった。

エンジン製造設備の設置、人材のスカウト、内燃機関基本図の製作を進め、1940年に大阪鉄工所独自で設計した大鉄型一番機4Z37,600馬力エンジンが誕生した。以降、捕鯨船（キャッチャボート）や各種漁船用主機として小型ディーゼルエンジンの自社開発を進めた。そして太平洋戦争時の軍による統制時期、終戦までを合計すると、四サイクル、二サイクルの自社開発エンジン7機種、海務院型2機種、艦艇用2機種など約5

① Hitz日立造船(株) 機械・インフラ本部 原動機ビジネスユニット

② (株)エイチアンドエフ 開発制御部

年間で72台の実績を残している。

### 2.1.3 本格的な大型ディーゼルエンジンの製造

1948年、当社も本格的な大型ディーゼルエンジンの製造に乗り出すことになり、1950年にB&W社と三井造船のサブライセンサーとして契約開始し1961年にはB&W社との直接契約を締結した。

また、1971年には当社と当時の舞鶴重工との合併がなされその結果としてSulzer社ともライセンス契約結び、国内唯一のダブルライセンスとして製造拡大を進めた。図1に当社での製造馬力実績を示す。

1951年にB&W型1番機574-VTF（4,600馬力）を完成して以来、当時として世界最大級となるディーゼルエンジンをつぎつぎと製造し、1997年には12K90MC（74,600馬力）を完成している。最近では一基当りの最大出力が100,000馬力を越える機種も登場しており、これ程の出力増加は誰も予想しえなかったことである。

世界の荷動き、船舶マーケット拡大に従い、年間製造馬力は1983-84年に初めて100万馬力を突破した。しかし石油危機の影響でその後受注は激減し厳しい時代があったが、2004年頃からの中国好景気で息を吹き返し再び100万馬力以上の製造になっている。2009年には長年の懸案であった設備拡大にも踏み切り、年間200万馬力製造体制を構築した。

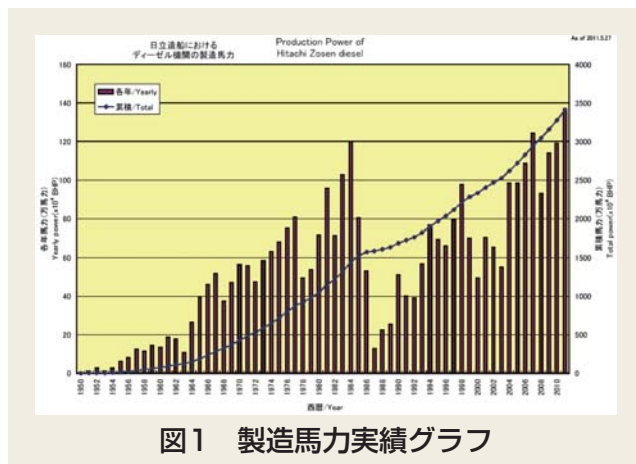


図1 製造馬力実績グラフ

2.2 船用ディーゼルエンジンの発展 ディーゼルエンジンの発展を大きく時代区分すると出力向上の時代（1945-1975）、熱効率改善の時代（1975-1985）、信頼性の時代（1985-1995）、環境の時代（1995-現在）と見ることができる。

2.2.1 出力向上<sup>2)</sup> B&W低速機関を例にとり、出力向上を振り返る。1953年ごろに初めて過給機を採用したVTBF機関が開発され、平均有効圧は5.2barから7.1barに上昇した。過給機搭載エンジンの登場は、ディーゼルエンジン発展歴史の大きな一歩となった。シリンダ径は840mm、900mm、980mmと大口径機関をラインアップし、平均有効圧、平均ピストンスピードを上げて高出力化の開発を続け、VT2BF、EF、FF、GF、GFC、GFC-A、GB、MC、MC-C、ME型機関へと歴史を刻んで来た。

出力率、燃料消費率の変遷を図2に示す。出力率（平

均有効圧xピストンスピード）は1970年頃に比べ285%増加、燃料消費率も75%低減し目ざましい進歩を遂げたことが判る。

この頃開発を担っていた先輩方の意見に、「ライセンスとしてがむしゃらにエンジンを作っていた時代、ライセンスたることを屈辱と思って、日立式ディーゼルエンジンを開発しなければならないという動きもあった。しかし船用エンジンの特殊性、船主さんの保守性、MAN、Sulzerといったライセンスのネームバリューなどの点を考えてライセンスエンジンの生産を続けてきた。それから長年の製造経験、事故対策などによって実力を蓄積してきた時代を経て、ライセンスに対する発言力も増し、共同開発の時代に入ったのではと考える。」とされており、ライセンスとしての意気込み、ジレンマを持ちながら当社がどのように考え対処してきたかがうかがえる。

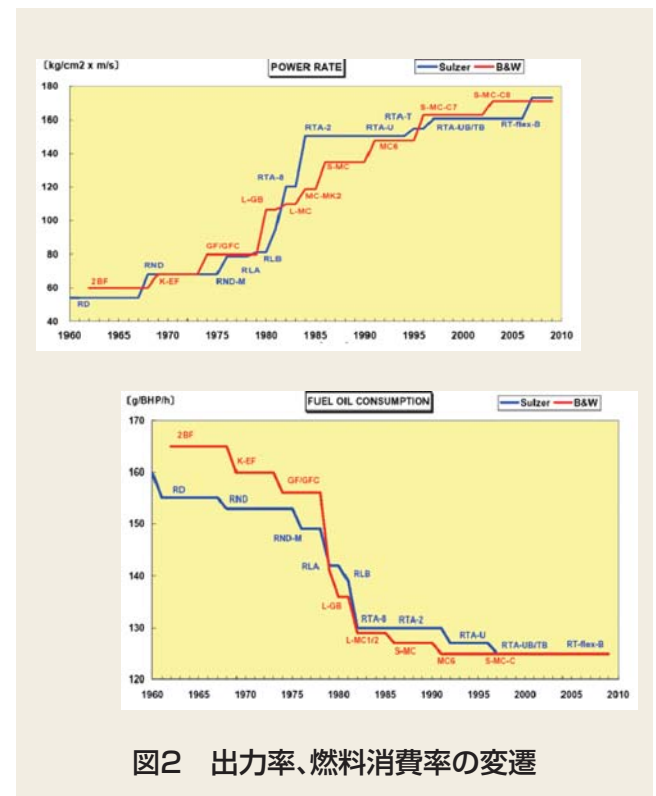


図2 出力率、燃料消費率の変遷

2.2.2 熱効率改善<sup>2)</sup> 1973年秋のオイルショックにより重油が従来の4倍以上にも値上がりしたことで、船舶の運航採算が非常に悪くなり、加えて海運界の不景気が訪れ、低燃費船用主機関のニーズが強くなった。

そこで、B&Wがユニフロー掃気方式の特質を生かしてピストンストロークを長くして回転数を下げるロングストロークエンジンを開発し機関自体での燃費低減を図ると同時にプロペラ効率を良くしようとした。L55GFとL67GF型機関でこの効果を検証した結果、5.6 g/kWhの燃費低減が得られた。

以来、ロングストローク化は更に大きくなり、ストロークとシリンダ径の比（S/D）がK型：3.25、L型：3.37、S型：4.0そして最近に開発紹介されたG型：4.65

に進化している。

次にツインバンク開発による静圧過給方式<sup>3)</sup>について述べる。これ迄の開発エンジンの中で、当社の歴史を飾ったエンジンとして「ツインバンクエンジン」をあげることができる。このエンジン開発の背景には、燃料消費率の良い低速ディーゼルエンジンを減速機を介して更に減速し、大口徑プロペラの採用、超低回転化でプロペラ効率を向上させることにより低燃費船を実現しようとした。

機関室高さの低い船舶に背の低い2サイクルエンジンを2台並べ、新しいコンセプトでツインバンクエンジンを世界で始めて開発した。設計的にはB&W K45GF機関をベースとして、それを2基圧縮合体して共通台板上に配置し、各々のクランク軸を減速機を介して1本の出力軸で取り出すようにした。(図3参照)

この際、両バンク間の排気管構造が取付やアクセスの面から複雑になり、従来の動圧過給方式からシリンダ排気ガスを一旦排気ガス集合管にまとめ静圧化とする静圧過給方式に変更した。(図4参照)

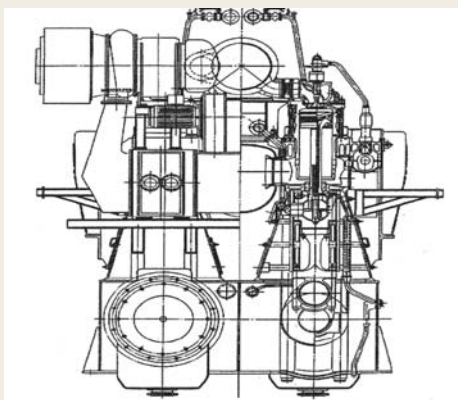


図3 ツインバンクエンジン断面

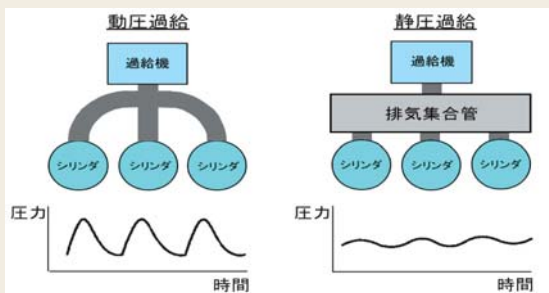


図4 動圧→静圧過給方式

それまでは、性能面で動圧過給の方がターボチャージャー (T/C) 効率は良いとされていたが、運転してみると燃費を一気に19g/kWh近く低減でき、計測間違いでないかと大騒ぎしたが、結果的には理論的にも静圧過給の優位性を検証でき、一躍脚光を浴びることとなった。これをきっかけとして、世界の全てのエンジンの過給方式が静圧過給方式に変わり、燃費低減に大きな一歩を記すこととなった。

2.2.3 中速エンジン 1971年にB&W16U45HU

型エンジンを製造して以来、中速エンジンにも積極的に取り組んできた。1973年にはSulzer16ZV40/48機関の一号機が完成し、機関室の高さが低く操船性が要求されるフェリー用エンジンなどに採用され、船用、陸用の両方のニーズに応えられるようになった。低速エンジンに比べ全ての部分がセンシティブで技術資料が少なかったため、1000h時間の陸上運転を行い各部挙動、クリアランスや使用油の適正化について特殊テスト、耐久性テストで実証し国内唯一のSulzer中速エンジンメーカーとしての地位を確立した。

2.2.4 信頼性向上、事故対策<sup>2)</sup> エンジンの大型化、高過給化によって、1965年前後に本質的な技術課題による種々な事故を経験した。まず燃焼室壁部材の熱負荷、機械的負荷が大きくなり、それらによって焼損、破損が起こると言う問題。船やエンジンが大型化されると剛性が低下してエンジンの架構、軸系の振動、軸受損傷などの問題が発生した。

そこで技術研究所およびその関係者で各種解析を実施し燃焼室の熱負荷や構造部の応力レベルの低減、高強度材の使用、安全率をあげたデザイン検討が行われた。更にこれらは船用エンジンメーカー共通の問題として日本造船研究会でも取り上げられ、ライセンスや会社の壁を越えて共同研究の機運が高まった。

この熱負荷対策のためのテスト結果の一例を図5に示す。エンジンと過給機のマッチング、ガス流れの特性を系統的に変えた実験を行い、それらがエンジンの性能、熱負荷に及ぼす影響を解析した。

掃気および吹き抜け空気は燃焼室の外周部に対しては冷却効果を持つが、排気弁、ピストン中央部に対しては残留ガスによる加熱効果があって、掃気体積や吹き抜け空気体積が増えるとかえって温度が上がるという現象を見つけた。そして熱負荷に対する支配的な因子はやはり空燃比で掃気体積の影響は小さいことを確認した。

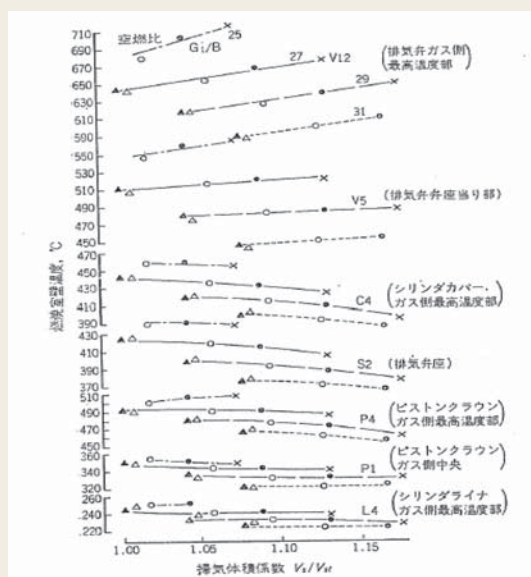


図5 空燃比、掃気体積と燃焼室壁温度

最近では、1997年に世界最大の8000TEU積みコンテナ船用12K90MC（74,600馬力）エンジンを製造した際に、ライセンスと協力して燃焼室温度および主要部の応力を計測し、シミュレーション計算と実測結果を照合評価した。その結果シミュレーション計算値と殆んど同値となることを確認し、シミュレーションによる事前検証の実用性向上が図れた。（図6参照）

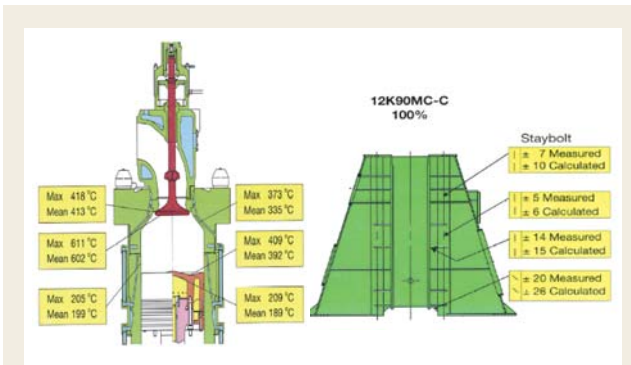


図6 燃焼室温度および応力値

**2.2.5 1気筒実験用エンジンの完成** 1983年頃に研究・開発メンバーの長年の夢であった実験用1気筒エンジン（シリンダ径450mm）を完成させた。更にシリンダ径を400mm、ストロークボア比を3.38にロングストローク化し、最大筒内圧力185bar。正味平均圧力20barと最新機関仕様レベルに出力アップを図り研究開発の充実を図った。このエンジンで長寿命化要素研究、信頼性向上、環境対策技術などのテストを実施し、これらの結果を実機に反映した。（図7参照）

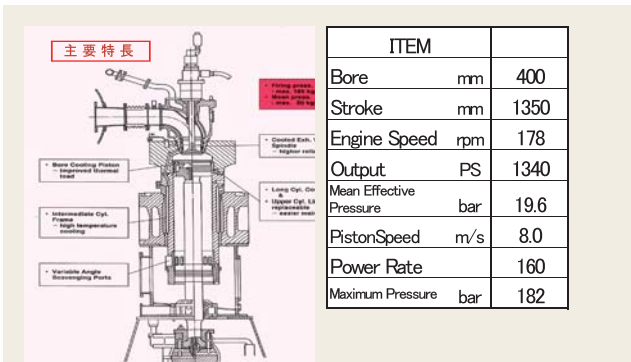


図7 1気筒400mm実験用エンジン

**2.2.6 電子制御エンジンの出現** 国連の下部機関であるIMO(国際海洋組織)で1997年に大気汚染防止条約（MARPOL73/78）の附属書VIが起案、2005年5月に発行となり、チッソ酸化物（NO<sub>x</sub>）規制値、イオウ酸化物（SO<sub>x</sub>）規制値が示され、2000年1月1日以降に建造開始した船舶エンジンに適用されることになった。そこでエンジンはNO<sub>x</sub>規制値をクリアし、燃料消費率の低減を図らねばならず、両者を考慮した環境対応型電子制御エンジンが開発された。

2003年にMAN DIESEL（以前のB&W）6S50ME-C機を国内電子制御エンジン初号機として完成した。大きな特徴はカム軸やチェーン駆動装置を廃止し、燃料噴

射機構、排気弁駆動機構を電子・油圧式に置き換えたことである。この結果、図8のように噴射パターンをフレキシブルに変更でき、NO<sub>x</sub>低減、低負荷性能など燃焼状況の最適化が図れるようになった。

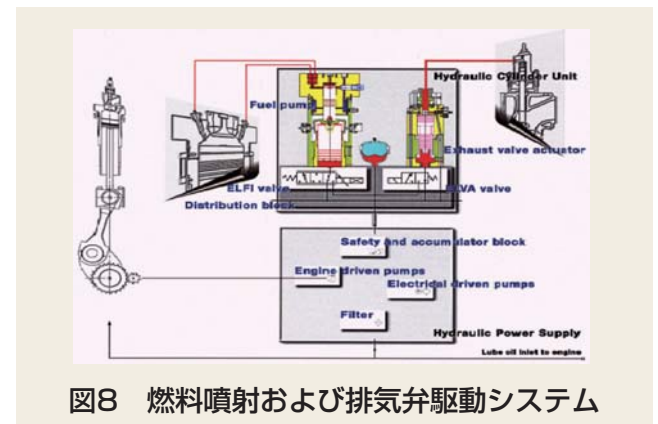


図8 燃料噴射および排気弁駆動システム

一方、“Wartilla”（以前のSulzer）エンジンでも2008年RT flex50型電子制御エンジンを完成した。ME型電子制御エンジンと大きく異なるのは、先進技術と言われている1000barの高圧油コモンレール方式を採用している点である。機関上段に噴射系をまとめたレールユニット、下段尾端部に燃料ポンプ&サーボポンプユニットを配置し、そして制御基盤はエンジンに取付けとした。（図9参照）

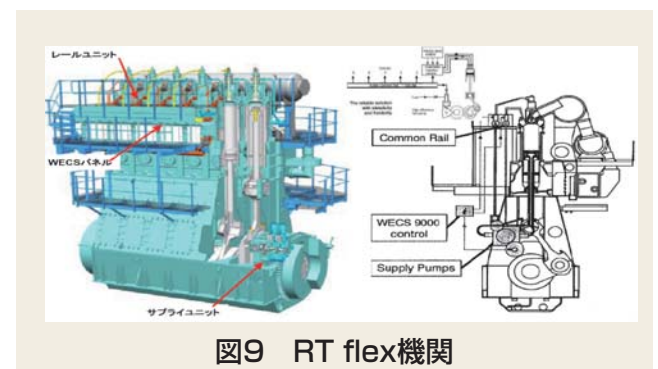


図9 RT flex機関

**2.3 有明工場への移転、中型工場完成** 1997年に熊本県長洲町に有明機械工場を新設し、エンジン製造を桜島工場から有明機械工場に移転した。この地には既に最新鋭船舶建造の有明工場があり、日立造船の船・陸一体の総合工場地となった。

大型プラノミラーや自動化設備を設置し年間50基のエンジンや大型構造物を効率的に製作できるようにすると共に部品組立て、運転までの流れを考慮したレイアウトで、効率的な大型エンジン製造工場がスタートした。

その後1999年に厳しいマーケット状況に直面し、エンジン部門を日立造船から分社してディーゼル&エンジニアリング(株)（HZ D&E）を設立し、エンジン専業会社として独立運営し体質強化に努めた。

その甲斐あって業績も回復し、2009年に日立造船に統合復帰を果たし日立造船有明工場が再発足した。同時にシェア拡大のためにエンジン工場の増設を計画し

500mm口径エンジンをメインとしたタクト生産ラインを持つ最新鋭の中型エンジン工場が完成した。更に課題であったエンジン積み出し用岸壁クレーン500トンも新設した。その結果、年間生産能力は100基、約200万馬力の製造が可能となり将来への飛躍の礎が整った。(図10参照)



図10 有明工場概観

## 2.4 今後のエンジン展望

### 2.4.1 IMO環境規制の動向<sup>4)</sup>

今後、船用エンジンは環境規制に対応した開発が必要となる。現時点での環境規制<sup>4)</sup>は図11のように決められている。つまりNO<sub>x</sub>規制値は、2次規制が2011年から現行規制値の約20%削減、3次規制は2016年から現行値の80%削減という非常に低い値となり、これらを達成する新技術の開発・実用化が必要で、各エンジンメーカーの実力が問われる時代となった。

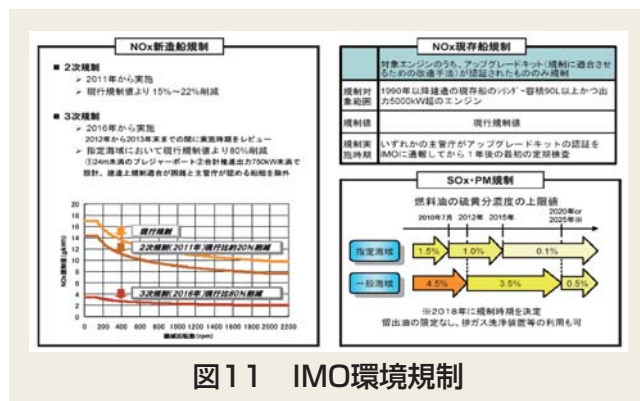


図11 IMO環境規制

使用燃料に関しても、2015年以降指定海域ではイオウ分濃度0.1%以下、一般海域でも2020年頃にはイオウ分0.5%以下のという超低硫黄燃料となり、エンジンの燃焼・潤滑への影響および石油業界の設備投資にも大きな影響を与える。

一方では、温暖化対策としてCO<sub>2</sub>削減の動きも活発化しておりNO<sub>x</sub>とCO<sub>2</sub>の両面からの検討が要求される。

**2.4.2 NO<sub>x</sub>対策技術** 2011年から適用している2次規制値は、エンジン単体で対応でき、燃料アトマイザーの最適化、機関チューニング（ミラーサイクルにより、圧縮行程の温度上昇を抑える）そしてT/Cの高温過給仕様などを実施している。

しかし2016年からの3次規制対応としては、エンジンだけの対応では不十分で排ガス循環システム

(EGR) や水エマルジョンとの複合技術適用の研究が進んでいる。そのような状況下で、当社は2011年にライセンサのMD社と船用SCR（選択触媒脱硝装置）共同開発の契約を締結し、陸上プラントで実績を有する触媒脱硝技術を生かした船用SCR開発に向けて大きく舵をきった。

船用SCRは中速機関では多くの実績があるが、低速ディーゼル機関では排ガス温度が低いため触媒が被毒する問題があり大きな技術的障害となっている。そこで、ターボチャージャ（T/C）前にSCRを配置するシステムとし高温高圧の排気ガスエネルギーを利用するように計画した。(図12参照)

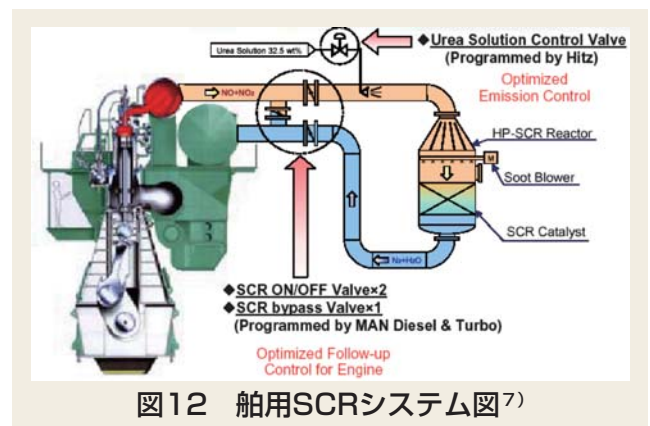


図12 船用SCRシステム図<sup>7)</sup>

このシステムの特長<sup>7)</sup>を以下に示す。

- 1) T/Cの前段階の高温排気ガスを利用するため余計なCO<sub>2</sub>を排出しない。
- 2) T/Cの前段階の高い排気ガス圧力を利用するため、ガス密度が高く、触媒容量が少なく済み、システムサイズのコンパクト化が図れる。
- 3) NO<sub>x</sub>を無害化する還元剤に尿素水を用いるなど、より安全で使いやすいシステムである。

今後、実船での運航試験結果と並行して、社内多気筒テストエンジンを用いて技術的課題の解決や商品化開発のスピードアップを図っていく。

## 3. プレス

### 3.1 日立造船プレス事業の歴史

日立造船のプレス事業の発足から、H&Fでの最新式サーボプレスの実用化に至るまでの歴史を、自動車業界の発展とプレスシステムの技術的な変遷という視点から振り返ると、下記の5つの時期に大別される。

- 1) 各種プレス機械への取組（1950年まで）
- 2) 自動車用機械プレスへの本格的な取組（1958年～1970年）
- 3) 当社自力でのプレス開発（1970年以降）
- 4) プレスライン自動化システムへの拡張期（1997年以降）
- 5) 株式会社エチアンドエフの誕生と発展（1999年以降）

#### 3.1.1 各種プレス機械への取組

当社のプ

レスに関する歴史は非常に古く、昭和初期には、水圧、油圧、機械式などの各種プレスを開国内のさまざまな産業界に送り出していた。初号機については、桜島工場にて1934年に液圧プレスを製作したという記録が残っている。

**3.1.2 自動車用プレス製造への本格的な取組（1958年～1970年）** 公知のように自動車の大量生産方式は、米国で生み出され米国を起点にヨーロッパ、日本など世界に順次拡大してきた。

日本では神武景気と言われる1950年の後半ごろから自動車産業が急激に発展しつつあった。当時、米国には、中大型プレスメーカーが4社、技術立国のドイツには独自の技術を有するプレスメーカーが3社あり、これら7社が世界の主要なプレスメーカーであり、日本国内にはなかった。将来の日本の自動車業界発展を予測して、当時、日立造船ほかの造船重機メーカー、小型プレスメーカー等6社がこれら欧米有力プレスメーカーとライセンス契約を締結しプレス事業に参入した。

当社においては、1958年に米国のプレス専門メーカーであるCLEARING社とライセンス契約を締結した。（参考：CLEARING社：1986年に買収、1992年に売却した）

自動車の車体を構成するプレス部品は約100種類あると言われており。これらのプレス部品は一般的に複雑な形状をしており、一回のプレス加工では製品にはならず、数回のプレス加工で一つの製品となる。当社が技術提携を行った時期には、次の2つのプレスシステムが当社の主力商品であった。

#### (1) タンデムプレスライン

図13に示すように、数台のプレスを並べ、人手によりシート材を最初のプレスに投入し、プレス成型する。次にプレス成型された半製品を手手により取り出し、次のプレスに投入する。順次この作業を繰り返して、最終プレス製品となる。

日本のモータリゼーションの到来と共に、1966、67年の2年間に100基を越える大量の受注を獲得するなど、プレス事業が桜島工場、陸機部門の大きな柱に育っていった。

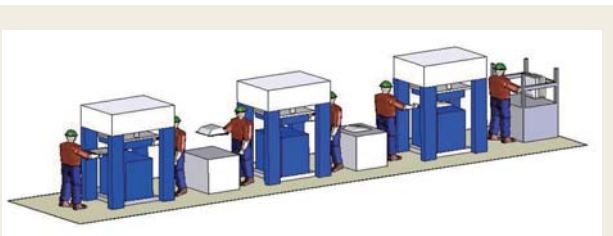


図13 タンデムプレスライン

#### (2) 2次元トランスファプレス

タンデムプレスラインが普及した後に開発されたトランスファプレスは、1台のプレスに複数の金型を取付け、これら金型で成形された部材が各々次工程に搬送され、この作業を繰り返し行われる。この搬送装置は、プレス1サイクル間に、“つかみ”→“送り”→“放し”

→“戻り”の平面的な二次元動作を行う自動プレスである。このプレスは上記タンデムプレスラインに比較し約1.5倍の生産性があり、更に、設備費もタンデムプレスラインよりも安価であり当時画期的な加工システムであった。

#### 3.1.3 当社独自のプレス開発（1970年以降）

日本の自動車生産量が年間100万台を超え、さらに業界が活性化した。この頃から日本の自動車メーカーはプレスメーカーに対して単にライセンスのコピーから、米国を追い越す、特に生産性の向上についての要求が出始めた。当社でも、自社開発の必要性が認識され、1970年にプレス設計課内に開発係が発足した。以降、日本の自動車業界のニーズに応えるという形で自社開発を行い、ライセンスの制約を受けることなく、自由に輸出、販売できる体制が構築された。

##### 3.1.3.1 3次元トランスファプレスの開発（世界初）

生産性を向上させるために、工程間搬送装置の開発に着手した。前出の2次元トランスファ装置を発展させ、上昇・下降を加えた、すなわち、“つかみ”→“上昇”→“送り”→“下降”→“放し”→“戻り”の3次元動作させることにより加工部品を下金型から持ち上げて搬送できるトランスファ装置の開発を行った。この動作は、現在の3次元トランスファプレスの基となり、2次元トランスファプレスに比べ、加工部品の制約が大幅に減った。（図14参照）

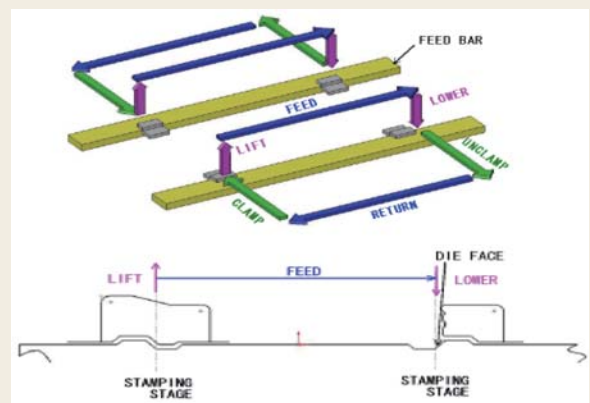


図14 3次元トランスファプレス 搬送方式

このトランスファ装置とプレススライドとを同期運転することにより、自動車のインナー系部品、ドア等の OUTER 中小部品の生産量が、従来のタンデムプレスラインに比べて2倍以上となり、飛躍的に生産能力が向上した。この効果が評価され、1973年には、世界初の3次元トランスファプレスの開発、実用化成功に対しN社と共同で第八回機械振興協会賞を受賞した。この3次元トランスファプレスは世界で最も高生産性プレスとして普及し、2011年3月現在で合計321台の実績がある。現在でも当社の主力商品の一つであり、次に示す継続的な改良開発が行われてきている。

#### (1) 複動工程付3次元トランスファプレス開発

1983年、N社と共同で日本塑性学会賞を受賞

#### (2) ACサーボ3次元トランスファプレスの開発

1990年、カム駆動からサーボモータ駆動方式

### (3) リニア駆動3次元トランスファプレスの開発

2001年トランスファ装置稼働部重量軽減のため送り機構にリニアモータを、業界に先駆けて採用した。

#### 3.1.3.2 CCFT (Cross bar Cup Feed Transfer) プレスの開発 (世界初)

1986年、H社と共同開発した画期的なプレスシステムである。当時から、H社は独自の加工システムを採用していた。4台構成の大型タンデムラインで、サイドパネル一体成形（一般的には数個を別々にプレスした後、溶接して一体化）また、ドア等中クラスの部品の場合2ヶを並列に同時プレスすることを基準としていた。この、CCFTプレスの開発目標は、この独自の加工システムをトランスファプレス化することにより、生産性を1.5倍、また既存の金型をそのまま改造することなく使用可能なこととした。(図15参照)

このプレスは、従来のプレス及びトランスファ装置の設計製作で常識とされた技術よりも格段に高い技術レベルを必要とした。

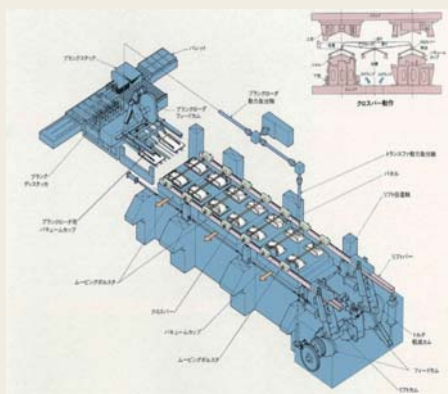


図15 50000kNCCFTプレス

表1に当時最も評価の高かった27,000kN 3次元トランスファと、代表的な50,000kN CCFTプレスの主な仕様比較を示す。この仕様差による製品重量差を表2に示す。

表1 3次元トランスファとCCFT 主仕様比較

|           | 3次元      | CCFT     |
|-----------|----------|----------|
| 送り長さ      | 1500mm   | 2500mm   |
| 稼働部重量     | 30kN     | 170kN    |
| 最大速度      | 3.5m/sec | 6.0m/sec |
| フィードバー片振幅 | 5mm      | 2mm      |

表2 3次元トランスファとCCFT 製品重量比較

|            | 3次元      | CCFT     | 比較   |
|------------|----------|----------|------|
| 製品(プレス)全重量 | 10,000kN | 26,000kN | 2.6倍 |
| トランスファ装置   | 900kN    | 4,000kN  | 4.4倍 |

このCCFTプレスを実現させるため、日立造船技術研究所の全面的な協力を得た。主な研究内容を示す。

#### (1) プレス主要溶接構造物の応力解析

輸送制限により、クラウン、スライド、ベッド等主要構造物を分割し、タイロッドで締結する構造とした。当社のプレスでは初めての経験であり、研究所でFEMによる応力解析を行なった。

#### (2) フィードバーの振動対策

可動部重量軽減と振動対策により、フィードバー材質はCFRPを採用 (FRP事業部と共同開発) するとともに研究所で駆動系統をバネ系に置換えたADAMSによる振動解析を行い、各部の剛性、最大隙間を決めた。(図16参照)

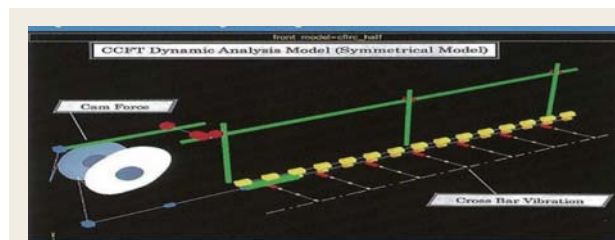


図16 ADAMSによる振動解析の一例

#### (3) カムの設計/製作技術の研究

物量的には従来の数倍、半径1750mm、幅250mmのカム製作についても、材質(偏析の程度)鍛造方法(カム面に不純物が無い)、焼入れ(硬度、深さ)表面研磨方法など、研究所/桜島工場/材料メーカ/焼き入れメーカ等総力を挙げて研究を行った。

#### (4) 油圧サーボクッションの研究

成形精度向上のため従来の空気圧クッション装置を油圧サーボ技術に応用し成形中にクッション能力を変えられる油圧サーボクッション(商品名:NCクッション)を開発した。

#### 3.1.4 プレスライン自動化システムへの拡張期(1997年以降)

当社プレス事業の発展の歴史において、最も重要なパートナーが福井機械株式会社である。福井機械株式会社は、1964年日立造船の関係会社として設立され、日立造船の中型プレスの専門会社として発展してきた。

当初、この中型プレスの業界には多くのプレスメーカが乱立し、淘汰される中で、自社内での設計、製作における業務効率化を推し進めて競争力を磨き、さらに、製缶工場、機械加工場、プレス組立工場を新設、増改築することによって、年間生産台数を増大して業界内での地位を確固たるものにした。

さて、1990年代後半になると、自動車業界の市場は拡大していくものの、競合他社の技術力向上によって競争が激化した。さらに、客先からは、生産効率のさらなる向上を目指した、プレスラインの省人化、自動化についての要求が増えてきた。

そこで、自動化装置とプレスの相乗効果により全体の受注を拡大することを目的として、1997年に自動化専門工場として熊坂工場(福井県、図17)を建設した。(後に2002年及び2005年に拡張工事を行い、合計面積を7,310㎡にした。)



図17 熊坂工場

プレス関連自動化装置の一部を紹介する。

#### (1) 全自動高速タンデムプレスライン

他社は、専用の搬送装置を開発し、タンデムプレスラインの自動化に取り組んだが、汎用性の高さ、コスト有利な点を考慮し、当社は産業用ロボットを使用して、自動化に取り組んだ。併せて、大型パネルを平行に搬送できる「ローテイトハンド」(特許製品、1998年、図18)を開発した。これまで多数の納入実績があり、当社を代表する自動化装置である。

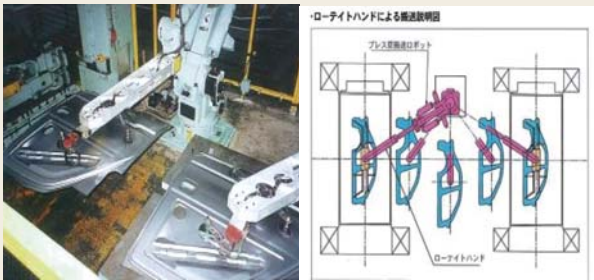


図18 ローテイトハンドによる搬送

さらに、汎用ロボットに対し、

- ・減速機を冷却することによる耐久性の向上
- ・アームのアルミ化による軽量→高速化を図り、市場に投入した。

その結果、サイドパネル等の大型パネルで最大11サイクル/分、中小物パネルで最大15サイクル/分という高速運転を達成している。

#### (2) ブランキングプレスライン用機器

当社が製作する広幅高速ブランキングラインは自動車の外板成形プレスへ素材を供給することを目的としており、1965年頃よりライン一括で客先に納入し、業界トップシェアを維持している。

熊坂工場建設後は、コイルフィーダー・パイラも内製化しており、トラペズイドシャー、ブランク反転機等関連装置も充実させてきている。

#### (3) 自動積み込み装置

トランスファプレス、タンデムプレスラインの生産性向上と作業者の負担軽減を目的として、導入が加速しているのが製品自動積み込み装置である。製品積み込み部には油圧/電動サーボを使用した専用ロボットを開発当初に使用したが、現在はタンデムライン用に開発された産業ロボットを活用しており、特殊装置がなくティーチングが容易で安全性に優れた装置となっ

ている。また、熊坂工場にて行う納入前ティーチングの実施は、設備の垂直立ち上げを可能とし、高い評価を得ている。2011年には、トランスファプレスで成形後、検査用コンベア上を流れるパネルをカメラ撮影して姿勢のずれを検知し、自動的にパネルの姿勢を適正な位置に補正しながらパレットに積み込むビジョン式積込装置を客先に納入し、好評を得ている。

#### (4) テーラードブランクレザ溶接装置

自動車の燃費性能向上を目的に板厚の異なる鋼板を、レーザ溶接により接合して軽量化したテーラード鋼板がドアのインナーパネルなどに多用されている。光ファイバーによる伝送が可能な高輝度レーザ発振機と産業用ロボットで構成した当社溶接装置は汎用性に優れ、自動車用鋼板溶接以外の用途にも採用されており、需要拡大に向け注力中である。

#### 3.1.5 株エイチアンドエフの誕生とあゆみ

1999年7月両社プレス事業のシナジー効果と更なる発展を期し、日立造船のプレス部門と福井機械を統合して、社名をエイチアンドエフとした。当社は、世界で唯一、プレス本体と、プレスの自動化装置等の周辺装置を設計製作できる総合プレスメーカーである。近年の当社の主力商品は、客先のプレス工程の隅々まで自動化された「プレスライン」となっている。主なラインを次に示す。(図19参照)

- ・製鉄所から納入されたコイル材から blanks 材への加工ライン (ブランキングプレスライン)、
- ・ blanks 材から主に自動車の内部部品を高速生産するライン (トランスファプレスライン)、
- ・ blanks 材から自動車の外観を決定するアウターパネルを生産するライン(タンデムプレスライン)

これらのラインを全て1社で提供できることに対して、客先満足度も高く、自動車業界のグローバルな成長に沿う形で売上高、収益共に増大し、2006年には、ジャスダック上場を果たした。

その後、リーマンショックに端を発する不況のあおりを受けて、2009年には大幅な設備需要減となったが、その後、新興国向けのプレスラインを中心に活況が戻りつつある。

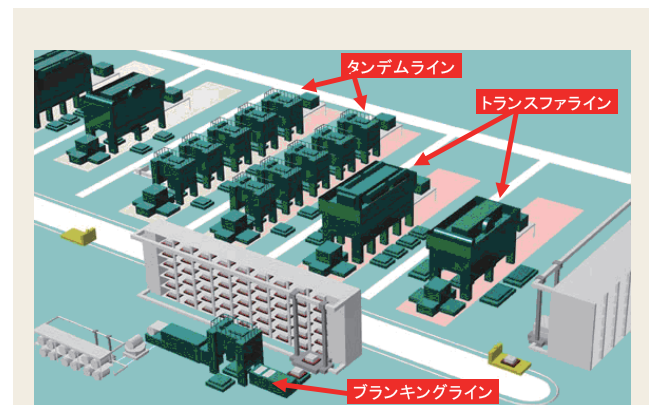
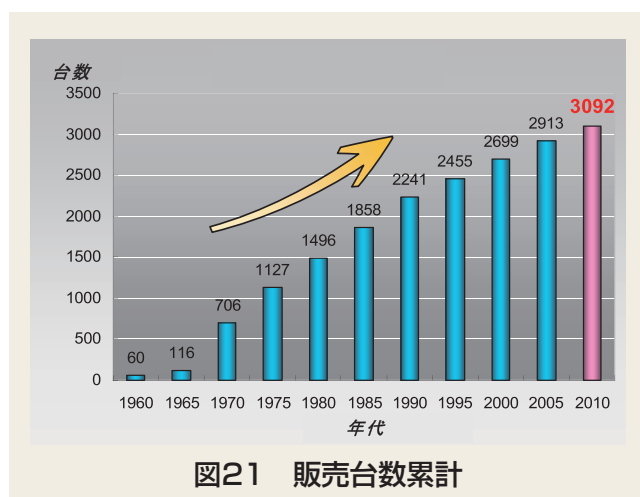
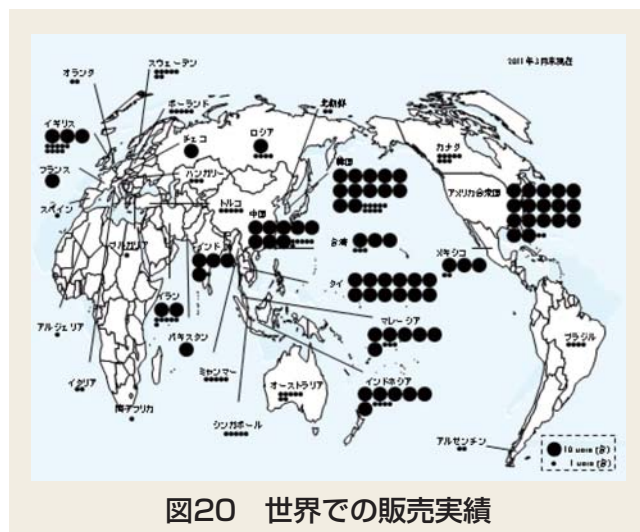


図19 各種プレスライン



これ迄の歴史を振り返ると、2010年度の段階で、世界33ヶ国、3000台以上の販売実績がある。(図20、21参照)



**3.2 将来展望** 自動車関連産業を取り巻く環境および今後のニーズから、当社の方向性は次のようになるであろう。

- (1) コストの低減⇒新興国におけるコスト競争への対応
- (2) 車両の低燃費化⇒軽量化への対応  
高張力鋼板、テーラード材等の新加工材への対応
- (3) 衝突安全性の向上⇒キャビンを構成する部材にさらに強度材料を採用する方向 (ホットプレス工法等)
- (4) 環境に優しいプレスシステム  
省エネルギー・低騒音・低振動
- (5) 高生産性

これらのニーズを先取りした「サーボプレス」及び「高速プレス間搬送ロボット」を紹介する。

**3.2.1 サーボプレス** 付加価値の高い加工と対環境性能を両立させた“サーボプレス”を、2004年から販売している。(図22参照)

従来の機械式プレスでは、無負荷時にエネルギーを蓄え、負荷時に放出するフライホイールを駆動源とし、クランク機構を介して、スライドの上下動を行っていた。

サーボプレスは、強力なサーボモータによる駆動機構と、プログラマブルなソフトウェア制御からなるサーボシステムによって、加工物に対する最適なスライドモーションの選択と加圧力、加圧速度、位置の制御が可能になった。これにより、加工と搬送の最適なタイミング制御が可能となりさらに高速化できる。また、下死点にて長時間停止、冷却することにより焼入れを行い、高強度材を得るホットプレス工法に対しても使用できる。

更に、従来のエアクッション、もしくは、NCクッションに代えて、プレスと同じサーボモータと、ラック&ピニオン機構によるサーボクッションを開発した。(2009年度完成)

これにより、絞り工程におけるしわ抑え力を任意に設定できるようになり、材料費の低減、金型調整時間の短縮、回生エネルギーの回収による省エネ (従来機械プレスの約30%を削減) 等の効果がある。



**3.2.2 高速プレス間搬送装置 (登録商標：ヘキサフィーダ)** 当社主力品目であるタンデムプレスラインの自動化装置は、ロボットの高度化によって、高速性と信頼性を図ってきた。しかしながら、他社の搬送装置 (専用機) に比べると、パネル姿勢の自由度が高いという優位性はあるものの、高速化には限界があった。

そこで、ロボットの自由度をいかしつつ、従来ロボットよりも高速搬送の可能なロボット「ヘキサフィーダ」を、(株)安川電機と共同開発した。(2006年度完成 図23) 特長として

- (1) プレスに壁掛け取り付け可能とした薄型構造  
プレスを特殊仕様とすることなく、容易に取付可能で、プレス間ピッチを最小4.8mとすることができた。
- (2) 送りアームとしてスカラタイプの双腕構造  
十分なアーム剛性を得て、かつ、サーボモータの容量を最小化することができた。
- (3) プレス同期機能を標準装備  
生産速度を向上するため、プレスに対する進入、



図23 ヘキサフィーダ外観

退避を、タイミングよく行う「プレス同期機能」を備えている。

上記の特長によって、20サイクル/分の高速搬送が可能となった。

## 4. まとめ

**4.1 エンジン** 当社のディーゼルエンジンの歩みと将来について述べた。1940年に当社1号機を製作して以来、MANおよびSulzerとライセンス契約を結び、桜島工場—有明工場へとエンジン製造基幹工場を移管しながら製造を進めて、累計製造馬力は3,000万馬力を超える実績を達成している。

世界経済状況・海運状況に対応して、エンジン出力向上、熱効率の改善、そして環境対応などの開発経緯を紹介したが、これらの絶え間ない開発やコスト挑戦により常に業界の上位地位を確保してきた先輩たちのご苦労と努力に心より敬意を表しますと共に感謝申し上げます。

この先、環境対策技術でエンジン業界が大きく変わろうとしており、Hitzの総合技術力、コスト競争力で船用SCRの早期商品化を成し遂げ、業界トップメーカーを目指していく所存です。

最後に本稿を執筆するに際して、ご協力や助言いただきました関係諸氏に厚くお礼申し上げます。

**4.2 プレス機械** 当社におけるプレス関連事業の歴史と、(株)エイチアンドエフにおけるプレス事業発展の歴史、及び、プレス事業の将来展望と最新の開発商品について紹介した。常に客先と共に最新技術を創造し、業界のトップクラスを走り続けている歴史は、日立造船(株)技術研究所、旧桜島工場、並びに旧福井機械(株)の諸先輩たちの知恵と努力の結晶であると、紙面をお借りして感謝申し上げたい。

今後さらに(株)エイチアンドエフは、業界トップを目指して、グローバルな先進企業として発展していく所存である。

## 参考文献

- 1) 日立造船におけるディーゼル初期生産の歩み：ディーゼルOB会資料、大坪
- 2) 日立造船における船用ディーゼル機関の研究開発と現状：内燃機関誌昭和52年9月-11号
- 3) ツインバンクエンジン：八尾
- 4) NOx, SOx環境規制：国土交通局説明資料
- 5) NOx Tier2,3対策技術：MAN DIESELのPR資料
- 6) 船用ディーゼルエンジン：Hitz技報, 70 (1) 小池, 田中
- 7) SCRプレス発表：H22年 中尾
- 8) プレス機械：Hitz技報, 70 (1) 神谷, 中村

### 【文責者連絡先】

[エンジン]

日立造船(株) 機械・インフラ本部

原動機ビジネスユニット

田中春夫

Tel : 06-6569-0506 Fax : 06-6569-0507

e-mail : tanaka\_h@hitachizosen.co.jp

[プレス機械]

(株)エイチアンドエフ 開発制御部

中村一行

Tel : 0776-74-2777 Fax : 0776-74-7002

e-mail : infog@h-f.co.jp

[Diesel Engine]

Hitachi Zosen Corporation

Machinery & Infrastructure Headquarters

Diesel Engine Business Unit

Haruo Tanaka

Tel : +81-6-6569-0506 Fax : +81-6-6569-0507

e-mail : tanaka\_h@hitachizosen.co.jp

[Press Machines]

Hitachi Zosen Fukui Corporation

Development Control Department

Kazuyuki Nakamura

Tel : +81-776-74-2777 Fax : +81-776-74-7002

e-mail : infog@h-f.co.jp

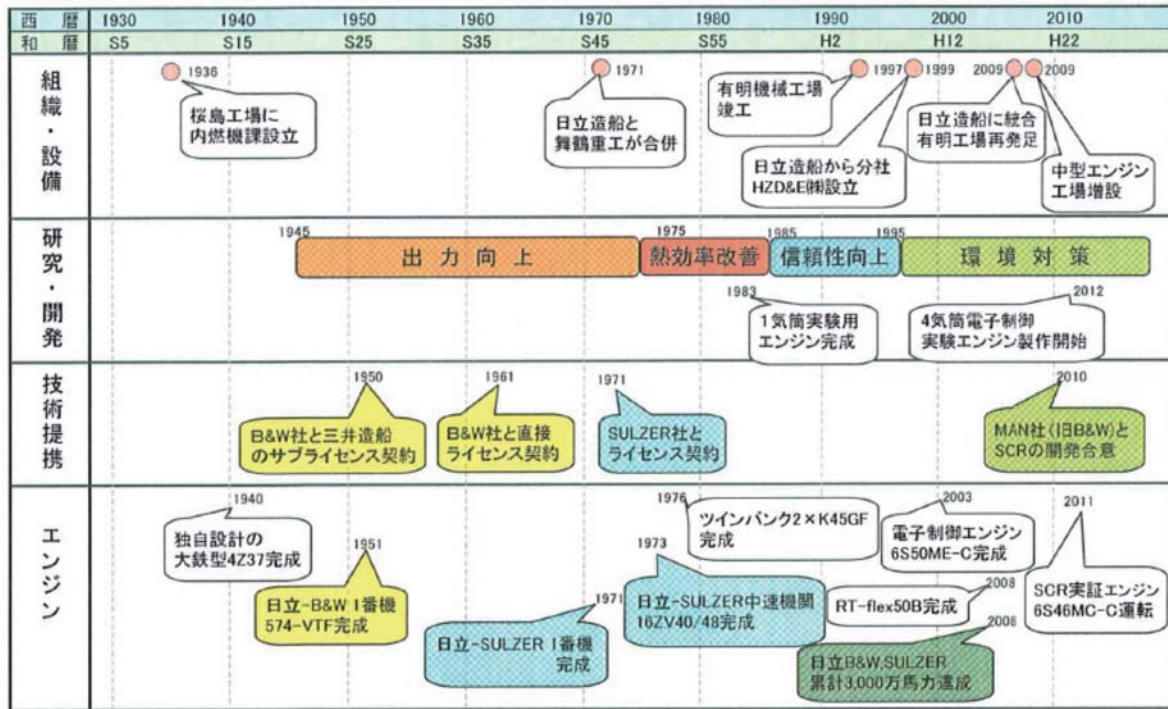


田中春夫



中村一行

### エンジン事業の歴史



### プレス事業の歴史

