特集

グローバルなものづくりを支えるニッポンの海外拠点

第II部 海外で生きる日本企業の生産拠点（目次指定方式）

サウジアラビアにおける 鋼管の生産拠点*

池田 友彰**, 福庭 哲也***

池田 友彰

Linepipe Production in Soudi Arabia*

by IKEDA Tomoaki** and FUKUBA Tetsuya***

キーワード 溶接, 鋼管生造, サウジアラビア, ラインパイプ, SAW 溶接

1. はじめに

サウジアラビアに拠点を有する National Pipe Company (以下 NPC) は、1978年の会社創設以来、30年以上もの間、サウジアラビアおよび中東地域の大径溶接鋼管製造・販売拠点として、ラインパイプ用鋼管の供給を行ってきた。

日本とは大きく異なる環境の中、長期間に渡り操業を続けてきた NPC の現状について、以下に記述することとする。

2. 拠点設立の背景、目的および現状

アラビア半島に広大な面積を有するサウジアラビアの中でも、首都リヤド、紅海側の貿易都市ジッダに続き、アラビア湾に面した、サウジアラビア第3の都市、アルコバールに、NPC の本社・工場が設立された（図1）。

いうまでも無く、サウジアラビアは、世界最大の石油埋蔵量と産出量を誇り、OPEC（石油輸出国機構）の盟主的存在の国であるが、その産出量の大半は、アラビア湾沿岸で産出される。

この、サウジ国内での石油開発、生産、精製を独占的に行っているのが、国営の石油会社 サウジアラムコ（Saudi ARAMCO）であり、1930年代後半より、アルコバール近郊での採掘を開始し、本社が設置された。

この、サウジアラムコで採掘された原油、ガス輸送には、大量の大径溶接鋼管が使用されるが、サウジ国内に

大径溶接鋼管製造メーカーは無かったため、1978年にサウジアラムコに隣接する形で NPC が設立され、1980年より、サウジアラムコ向けに、原油、ガス輸送用の大径ラインパイプ用スパイラル鋼管の供給を開始した。

一方、サウジアラビアは、広大な国土を有しながらも、そのほとんどが乾燥地帯であり、大規模な水供給源は存在しない。国民の飲料水と工業用水は、海水淡水化プラントで生産される水に依存しており、世界最大の淡水生産国となっている。

淡水化事業は、「海水淡水化公団（Saline Water Conversion Corporation：以下 SWCC）」により、15ヶ所、29ヶ所の淡水化プラントが稼動しており、日計250万立方メートルにも及ぶ淡水が、総延長2500キロメートルにもおよぶパイプラインによって、各市町村へ供給されている。

図1 NPC 工場設置位置

*原稿受付 平成20年11月5日

** 住友金属工業(株) Sumitomo Metal Ind., Ltd.
*** ナショナルパイプカンパニー(株) National Pipe Company, Ltd.

ここで、アラビア湾沿岸諸国の共通の課題として、人口の爆発的な増加が挙げられる。図2に、サウジアラビア、日本の年齢別人口を示すが、年々サウジアラビアの若年人口は、増加の一途をたどっており、年率3~4%の比率で、総人口が増加していることが分かる。このような、人口の爆発的な増加は、リヤド、ジッダといった大都市部をはじめ、国内各地での、慢性的な水不足を生じさせており、インフラ整備の拡充を目的とした、水輸送用ラインパイプの需要も大幅に増大しているのが現状である¹⁾。

このような背景のもと、サウジアラビア国内を中心とした石油、ガス輸送用ラインパイプおよび水輸送用ラインパイプの製造、販売を目的としてNPCが設立され、これまでサウジアラムコおよびSWCCを中心とした顧客に対し、安定供給を続け、高い信頼を得ているものである。次に、NPCの概要について説明する。

NPCは、1978年に、当時サウジアラビア初の大径鋼管ミルとして、住友金属工業および住友商事の日系企業と、サウジアラビア側株主との合弁企業として創立された。創立当初は、年間生産能力250KTON/年のスパイラルミルのみの稼働であったが、サウジアラムコをはじめとする顧客からの高強度厚肉化要求に応えるべく、2001年には、最新鋭のストレートシームミルを導入し、肉厚30mmまでの厚肉品要求に、対応できる体制を構築した。この間、累計生産量は順調に増加を続け、2007年には、累計生産量=300万トン进行達成するにまで至っている(表2)。

表3および図2には、NPCが保有する2機の鋼管ミルの概要と製造プロセスについて示した。

まず、スパイラルミルについては、ホットコイルを母

表1 サウジアラビアの主要統計¹⁾

	項目	諸元値
1	面積	215 万 km ²
2	人口	2400 万人
3	GDP	3479 億ドル
4	一人当り GDP	14,581 ドル
5	総貿易額 (輸出)	1746 億ドル (原油、石油製品、LPG 他)
6	総貿易額 (輸入)	513 億ドル (自動車、機械機器、食料品 他)
7	原油生産量	1086 万バレル

(A) サウジアラビア (B) 日本

図2 人口統計²⁾ (2000年)

材とし、コイル同士を溶接して製管することから、連続的に高能率での製管が可能となるプロセスである。さらに、同一ホットコイルから製管角度を調整し、らせん状に製管することで、複数の外径サイズの鋼管を製造可能となるだけでなく、大径品の製造に有利な方法である。NPCの場合、最大84"の大径品まで製造することが可能となっている。また、日本ミルで鋼管を製造する場合には、鋼管ミルの能力に加え、輸送上の制約から、12mの鋼管が一般的であるが、NPCスパイラルミルの場合、連続的に製管可能であること、および、サウジ国内の輸送制約も緩いことなどから、24m長尺品の製造も可能である。通常、パイプラインは、現地敷設時に鋼管同士を周溶接にて接合され、建設されるが、24mの鋼管が製造可能であるために、現地敷設の効率化が達成されるものである。しかしながら、スパイラルミルの場合、ホットコイルを母材としているため、圧延ミルおよびスパイラル製管能力から、肉厚=約20mm以下の薄肉品製造に限定されるという制約があった。

近年、パイプライン操業では、輸送の効率化や建設コストの削減から高圧操業の傾向が強まっており、鋼管に対する要求も、これに耐えうるよう高強度化、厚肉化の傾向にある。そこで、スパイラルミルではカバーしきれない厚肉品の製造を目的として導入されたのが、ストレートシームミルである。本ミルは、厚鋼板を母材とし、

表2 NPC 概要

創立	1978 年
資本金	53 百万 US ドル
主要株主	住友金属工業 (33%) 住友商事 (16%) その他 サウジアラビア側株主 (合計51%)
稼働開始	1980 年 (スパイラルミル) 2001 年 (ストレートシームミル)
累計生産量	300 万トン (2007 年達成)

表3 NPC 生産能力

	スパイラルミル	ストレートシームミル
外径	20"~84"	24"~60"
肉厚	6~22mm	6~30mm
長さ	Max. 24m	Max. 12m
生産能力	250KTON/年	180KTON/年
合計 430KTON/年		

(1) スパイラルミル

(2) ストレートシームミル

図3 大径溶接鋼管製造方法

表4 NPCにおける認定取得および受賞暦

受賞・認定取得年	内容
1980年	API 5L 認定取得
1985年	King Fahad "Ideal Factory" 賞 受賞
1994年	King Fahad "Ideal Factory" 賞 受賞 (2 回目)
1995年	ISO 9001 認定取得
2004年	ARAMCO "Distinguished Contributing Manufacturer" (年間最優秀サプライヤー) 賞 受賞

(A) 授賞式

(B) 表彰状

写真1 サウジアラムコより、最優秀サプライヤー賞を授与

ロールベンディングと呼ばれる方法で、円筒状に成形されている。鋼板の突合せ部を SAW で溶接した後、メカニカル拡管法により寸法矯正を行い鋼管製品としており、厚肉品の製造に適した方法である。

両ミルで用いられる溶接技術をはじめとする製管技術は、住友金属工業 鹿島製鉄所 大径管工場で培われた技術が全面的に供与され、日本ミルと同等の品質を有する鋼管を供給できる体制にある。

このように、長年にわたり大径鋼管の製造を行い、供給を続けた結果、顧客からは、鋼管品質に対する高い評価を頂いている。

表4に、NPCが頂いた認定取得暦・受賞暦を示す。まず、品質保証システムについては、サウジアラビアの国内企業としては、比較的早い段階で認定を取得している。1980年操業開始時には、API 5L 認定を取得した後、1995年には、ISO9001 規格制定に合わせて認定を取得し、国際的な品質基準に適合したミルであることを評価頂いている。また、サウジアラビア国内からは、数々の賞を受賞し、特に、サウジアラムコからは、2004年に、年間最優秀サプライヤー賞をいただき、石油ビジネスに対する貢献を、高く評価していただいた。

3. 溶接・接合技術を中心にした生産管理の状況

(1) 労働力状況

上述したように、サウジアラビア内外から高く評価されている NPC ではあるが、海外に立地しているために、操業管理面では様々な困難に面することがある。

まず、課題として挙げられるのが、労働力の問題である。日本国内で事業を行う場合、単純作業の労働力として、一部に外国人労働者を受け入れるケースがあると聞くが、大半は日本人労働者が主体となり運営されているのが実情であり、比較的均一な技量、価値観、風土の中で生産活動が行われているものと思われる。これに対し、サウ

表5 湾岸諸国における外国人比率³⁾

国名	人口総数	内、自国民	内、外国人	外国人比率
サウジアラビア	23,305,000	17,438,000	5,867,000	25%
UAE	4,320,000	820,000	3,500,000	81%
オマーン	2,395,000	1,823,000	572,000	24%
クウェート	2,753,700	956,200	1,797,500	65%
バーレーン	707,200	438,200	269,000	38%
カタール	744,000	282,200	461,800	62%
6カ国合計	34,224,900	21,757,600	12,467,300	36%

表6 NPCにおける国別要員構成

国籍	要員数	比率
日本人	5	1.4%
サウジアラビア人	113	30.7%
フィリピン人	234	63.8%
インド人	15	4.1%
合計	367	100.0%

ジアラビアを中心とする湾岸諸国においては、事情が一変し、アジア諸国を中心とする外国人労働者が非常に多いという特徴が挙げられる。

表4に、湾岸諸国の総人口に占める外国人比率について示した。

サウジアラビアの場合、総人口約2300万人の内、実に約600万人の外国人が居住し、比率にして25%を占めていることとなる。

このように高い外国人比率は、他の湾岸諸国においても同様に認められ、UAEでは、総人口のうち81%が外国人となっている。また、これら外国人の大半は、成年労働者であり、労働年齢層に占める外国人比率はさらに増加することとなる。

さらに、外国人労働者の多くは、インド、フィリピン、パキスタンといったアジア系外国人であり、高賃金を目的に、主に単純・肉体労働に従事しているのが実情である。このような状況から、湾岸諸国の労働力は、インド、フィリピン等の出稼ぎアジア人によって成り立っていると言っても過言ではない³⁾。

表5に NPC における国別要員構成を示すが、ここでも例外ではなく、フィリピン人、インド人を主体とする外国人が70%を占め、主に生産活動に従事している。これは、上述したような、フィリピン人、インド人といった安い労働力を、比較的容易に確保できる環境にある一方、サウジアラビア人にとって、酷暑の中での作業に従事することを敬遠する傾向にあることも、外国人比率が高くなる一因となっている。

この結果、必然的に多国籍労働者により工場運営を行うことが必要となり、言語、文化、宗教上の違いから、様々な労務施策が必要になるほか、意思統一の点でも、日本国内とは大きく異なることとなる。

(2) 教育・技能伝承

NPCでは、外国人比率が高いことを説明したが、出稼ぎ労働者の確保が容易な環境にあるだけでなく、サウジアラビア人の技量が、必ずしも、会社側の要求に適さな

いケースもある。

サウジアラビアは、その国内にメッカ、メディナという、イスラム教の2大聖地を抱えることから、現在でも非常に厳しくイスラム教の戒律が守られている国である。そのため、飲酒・豚肉の摂取禁止、集会の禁止、および女性の服装や外出に制約があるなど、様々な規制が存在している。学校教育の場においても、イスラム文化の強い影響を受けているため、イスラムの価値と根本原則に関する教育が、目標の一つとなっている。その結果、高等教育を受けられない家庭の場合、必ずしも英会話、数学等の知識が満足とはいえない場合もあり、雇用の面で、不利となることがある。多国籍の労働者が一体となって、生産活動を行う際には、共通語としての英会話能力と、生産現場での測定・調整作業等では、基礎的な数学の知識が最低限必要とされるが、これに問題がある場合、サウジアラビア人を雇用する際の障壁として存在することになる。このような側面は、NPCに限らず、いずれの業種も抱える問題であり、国家としても、その若年労働者の不就業問題に対して、頭を痛めているのが実情である。そこで、「サウダイゼーション」と呼ばれる制度が施行され、一定の比率以上のサウジアラビア人を雇用することが、各業種毎に義務付けられている。NPCの場合、この要求値を上回るべく、30%程度のサウジアラビア人を雇用し続けている。

NPCでは、上記のような課題の中でも、サウジアラビア人を積極的に雇用するため、また、他の外国人労働者の技量向上を目的に、独自の教育プログラムを作成し、採用後に教育訓練を施している。その内容は、基礎教育に始まり、製造に関する技能教育まで多岐にわたり、さらに視覚的に理解できるよう工夫が施されている。具体的には、下記の様な内容である。

- ①基礎学力：英会話，数学
- ②安全教育
- ③技能訓練：製造プロセス，溶接，ガス切断，
クレーン操作 他
- ④検査技量：超音波，X線等の各種 NDI 検査技量教育

このような取り組みを続けた結果、一定のサウジアラビア人雇用水準を、継続的に維持できただけでなく、優秀なサウジアラビア人を、管理監督者への登用を進めることで、サウジアラビア人による管理体制強化が図られつつある。

写真2 NPC 教育風景

(3) 生産管理

サウジアラムコで原油・ガス輸送に用いられるラインパイプ溶鋼管には、輸送効率の向上と、安全性の確保が要求され、高品質の炭素鋼管が使用される。

ここで、ラインパイプ用途として使用される大径鋼管については、写真3，4に示される鋼管ミルで、いずれも成形後、SAW溶接により接合されるため、溶接品質により、鋼管の機械的性能および内質欠陥品質に大きな影響を及ぼすことになる。

NPCでは、高品質の大径溶接鋼管を製造するため、溶接品質管理に対して、様々な対策を行っている。溶接鋼管に対する要求性能から、溶接品質は、大きく分けて①溶接欠陥（スラグ巻込，アンダーカット等）の低減と，②機械的性能（溶接部強度，靱性）の向上の2点に分けられる。まず，溶接欠陥の低減であるが，大径鋼管の製造に不慣れな作業員でも，欠陥発生率が低減できるよう，設備・条件面での対策がとられており，溶接に使用される多電極 SAW溶接機は，信頼性の高い日本製のものが導入され，自動化が図られている。

表7 サウジアラムコ向大径鋼管要求仕様例

外径	外径20"～84"
肉厚	肉厚6mm～30mm
鋼管強度	API 5L B～X70 グレード
母材靱性	DWTT 試験 (0℃)
溶接部靱性	溶金、HAZ シャルピー試験 (0℃)
硬度	Hv10kg ≤ 250
耐食性	NACE 条件
溶接部許容欠陥	API 5L 規格ベース

※API規格：アメリカ石油協会規格

写真3 NPC 工場全景 (ストレートシームミル)

写真4 製造ライン (スパイラルミル)

表8 NPCにおける溶接品質管理

溶接機	日本製 多電極SAW 溶接機の導入
溶接条件・ヘッド調整	パイプサイズ毎に、標準化
溶接材料	独自開発済みの、日本製溶接材料を供給

図4 溶接金属の CCT 線模式図

開先形状、電流、電圧、速度条件は、すべてサイズ毎に、自動化・標準化されているとともに、溶接状態は、常時モニターされ、異常を早期に検出できるシステムとなっている。また、チップ高さ、角度といったトーチ調整条件も、標準化が図られており、作業者の技量によるばらつきを、極力低減できるよう対策が図られている。

一方、機械的性能面では、鋼管溶接部の安全性確保の点から、強度・靱性といった API 5L 規格の要求性能が、溶接部へも適用されるため、多電極 SAW 溶接に使用される溶接材料については、要求性能に応じて、適切な溶接ワイヤー、フラックスの組み合わせとなるよう、考慮されている。

従来より、溶接金属の強度・靱性確保のためには、微細アシキュラーフェライト (Acicular Ferrite) 組織の形成が有効であり、Ti-B 系溶接金属の適用を行ってきた。このアシキュラーフェライト組織を均一的に生成させるためには、図3に示すように、CCT 線図上のフェライトノーズ先端を通過させるような、溶接金属化学組成と冷却条件の組み合わせが必要である。化学組成については、特に Ti, B, Al, O 量のバランスが重要であるため、適度な塩基度を有するフラックスを使用し、最適化が図られている。

NPC においては、ストレートシームミルおよびスパイラルミルともに上記のような考え方で、製造が行われ、日本と同等の品質を有する鋼管供給体制を確立している。

4. 日本では得難い経験の一例（各国のお国柄など）

上述したように、日本で培われた技術をベースに、製造を行っているため、一定の鋼管品質を確保することは、可能である。しかしながら、作業者の技量に依存しながら製造を行っている部分も残されており、高品質鋼管を継続して供給するためには、品質に対する作業員個人の技量・意識向上が重要であることを痛感した。中近東地域で事業を行う場合、必然的に多国籍の労働者を雇用していく必要が生じることを説明したが、4カ国以上の労働者を雇用している NPC が、宗教、文化、生活習慣が異なる社員に対し、独自教育システムを導入したのは、この製造作業、品質管理意識を高めるためである。

また、NPC が、鋼管製造を行う場合、必要となる鋼管母材、設備、機械部品類を調達する必要が生じる。サウジアラビアでは、サウジアラムコを代表とする巨大国営企業が、重工業分野を牽引しており、一部のものについては、サウジ国内での調達が可能となっている。しかしながら、サウジ国内で調達困難な場合、輸入に頼らざるを得ないこととなり、安定操業維持が困難となる。従って、特に設備維持管理については、独自で設備改造、部品作製が可能となるよう、体制も整えている。

海外で現地化を進めながら、安定的に事業を行うためには、単なる日本の生産技術供与に留まらず、上記のような、現地の状況に即した教育システム、生産維持管理システム構築が重要であると考えている。

5. おわりに

日本とは、文化、気候も大きく異なるサウジアラビアで、鋼管製造を長期間に渡り継続し、成功を収めている状況を説明してきた。世界的な原油高騰に伴う石油資源開発や、成長が続くと見られる中東地域のインフラ整備といった点で、日系企業の製造拠点である NPC が、今後とも、貢献していくことを期待している。

参考文献

- 1) サウジアラビア大使館資料。
- 2) 外務省統計資料。
- 3) 総務省統計資料。
- 4) 前田高行：中東協力センターニュース (2007/6)。
- 5) 伊藤ら：溶接学会誌, 51 (1982), 111。