



中国における鋼管生産技術の発展とエネルギー戦略

Progress of Pipe Making Technology in China for Energy Strategy

住友金属工業 (株)
鋼管カンパニー 参与

松井 隆

Takashi Matsui

住友金属工業 (株)
社友、調査役

竹内 泉

Izumi Takeuchi

1 はじめに

急速な成長を続ける中国の経済発展はめざましい。1978年の改革開放政策の採用により経済発展への道を歩み始めた中国は、1992年の鄧小平の「南巡講和」を契機として従来の計画経済から社会主義市場経済への転換を果したことで急速な経済成長を遂げ、2010年にはGDPで日本を抜いて米国に次ぐ世界第二の経済大国へと躍進した。中国の経済発展は、安価で豊富な労働力をベースとした外資導入と廉価輸出によって支えられて来たと考えられている。しかし経済成長を持続するには安定したエネルギー供給が不可欠であるため、中国はエネルギーの確保に最大限の努力を払ってきた。中国における一次エネルギーの主体は国内に豊富に存在する石炭であるが、石炭主体のエネルギー供給体制はエネルギー消費増加によってCO₂排出量を増大させ、中国を世界一のCO₂排出国にする主因の一つになっている。地球温暖化対策としてのCO₂排出量規制に対する世界的な関心が高まる状況下で、中国は経済成長を維持するためにもエネルギーの量的確保と構成の転換を迫られている。

人類社会におけるエネルギー転換と鉄鋼生産とは歴史的に極めて密接に関連している。すなわち産業革命における蒸気機関の利用には高温に耐える鋼鉄製のボイラーおよび蒸気機関の供給が不可欠であった。これにより木炭から石炭へのエネルギー転換が可能となり、大量のエネルギー供給が可能となったことで工業化が推進された。石炭利用拡大の気運は、鉄の生産において還元剤の供給に量的制約を受ける木炭高炉から、制約を受けない石炭(コークス)高炉への転換を実現し、鉄鋼の大量生産が可能となった。

石油時代の開始は1859年におけるドレークによる石油試掘の成功に始まるとされる。それはここから鋼管を使った油田開発技術の歴史がスタートするからである。その後、天然ガスの開発へと進んで現在に至っているが、石油は1968年

以来石炭を抜いて世界の一次エネルギー供給の主役の座を担ってきた。このような石油、天然ガスの生産および利用拡大には、油井管、ラインパイプの大量供給が不可欠であった。またエネルギー資源として最大の埋蔵量を有する石炭はその多くが発電用に使われることから、火力発電用のボイラーチューブの供給も不可欠であった。このように世界の経済発展に欠かせないエネルギーの安定供給には、油井管、ラインパイプ、ボイラーチューブと言ったエネルギー関連鋼管3大品種の供給が密接に関わっており、エネルギー消費量の増加に対応するために鋼管の生産および供給が大きく伸びてきた。

経済発展の著しい中国においても、エネルギーの安定供給と石炭から石油、天然ガスへの転換には更なる鋼管の供給拡大が不可欠であると認識されており、鉄鋼生産能力の拡大に伴い鋼管の生産量も急拡大している。エネルギー関連鋼管についてもかつては多くを日本からの輸入に依存していたが、近年では急速に国産化を推進している。ここでは入手可能な公開資料から中国における鋼管の生産拡大の推移について振り返るとともに、これらエネルギー関連鋼管の技術的な到達度を検証する。

2 エネルギー分野への鋼管供給

2.1 中国鉄鋼業における鋼管生産

現在世界の一次エネルギーの約90%を石油、石炭、天然ガスが担っている。中国の急速な経済成長を促し、更なる経済の持続的発展を可能とするためにはエネルギーの安定供給が必須であり、中国では1999年以降一次エネルギー消費量が急増している。1999年の前後10年間における変化を2010BP統計¹⁾より石油換算(MToe)で見ると、図1に示すように1999年以前の10年間では1.39倍の増加であったのに対して、その後の10年では2.26倍の2,177MToeにまで消費量が拡大

した。この一次エネルギー消費拡大に対応するために石炭、石油、天然ガスの生産と供給が拡大したことが分かる。したがって中国の経済発展を基礎で支えるエネルギー生産、供給には大量の鋼管が供給されてきたことが推定される。エネルギーの生産、運搬、利用を効率的に行うためには鋼管の利用が不可欠である。これらの鋼管としては石油・天然ガスを生産するための油井管 (OCTG : Oil Country Tubular Goods)、それを輸送するためのラインパイプ (Line Pipe)、および石炭火力発電のボイラーとして使われるボイラーチューブ (Boiler Tube) の3つが代表的な品種である。これら鋼管は鉄鋼の主力品種であることから、まず鉄鋼および鋼管の生産が中国においてどのように成長し、エネルギー消費拡大に対してその役割を果たしてきたのかを見ることにする。

図2は鉄鋼統計要覧²⁾より1980年から2008年までの28年間における日本および中国の粗鋼生産量の変化を示している。日本は1972年に年産1.2億tを達成したが、2008年実績でも1.2億tと1980年以降の28年間ではほぼ1億t前後で推移し、成長は見られない。一方中国は1980年の0.4億tから2008年の5.0億tまで大きく生産量を伸ばし、世界一の鉄鋼

生産国になったことは周知のことである。特に2000年以降の8年間で鉄鋼生産の伸びは著しく、1億tに達した1998年からの10年間で生産量は実に5倍になった。それに伴って鋼管の生産量も増加しているのであるが、粗鋼生産量に対する鋼管の生産量比率の推移を鉄鋼統計要覧の統計より日本と中国で比較すると、図3および図4のように両者の違いが判る。ここではシームレス鋼管および溶接管に製法別に分類して示している。シームレス鋼管はビレットから直接製造されるが、溶接管はホットコイルあるいは厚板を冷間で造管成形後に溶接する鋼管である。

図3より日本における鋼管の生産比率は1985年には11.7%あったものが、その後低下しており、2008年では7.2%となっている。その内訳は、溶接管が5.4%、シームレス鋼管が1.8%を占めている。一方中国では、図4に示すように鋼管の比率は1985年以来8%前後で推移しているが、2000年以降では増加傾向にあり、2008年では8.8%になっている。その内訳は、溶接管が4.8%、シームレス鋼管が4.0%である。鋼管の対粗鋼比率としては中国がわずかに高いだけではあるが、鋼管生産量としては5倍以上の違いがある。特にシームレス鋼管は日本の1.8%に対して中国4.0%と2倍以上の違いがあり、粗

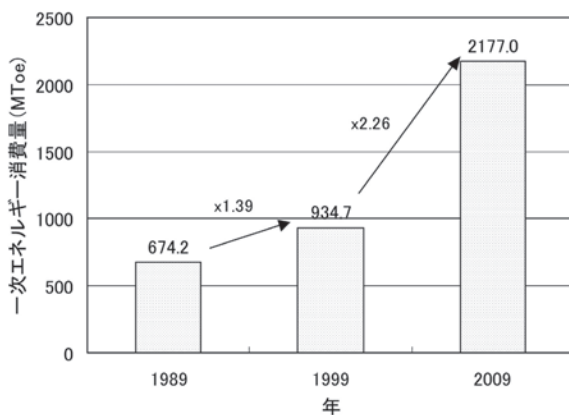


図1 1989年以降の中国における一次エネルギー消費量拡大

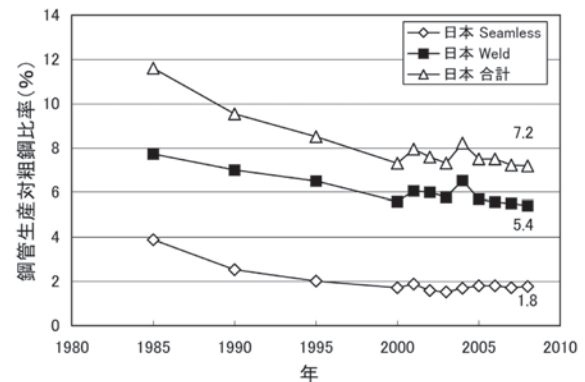


図3 日本における粗鋼生産量に対する鋼管生産量比率の推移

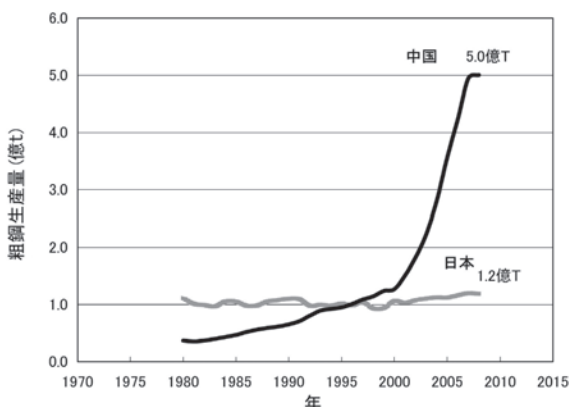


図2 日本と中国における粗鋼年産の推移

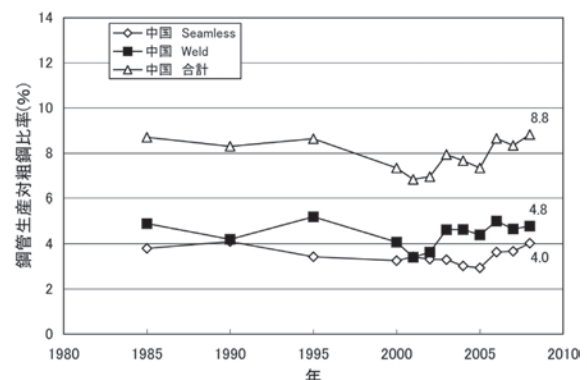


図4 中国における粗鋼生産量に対する鋼管生産量比率の推移

鋼量を考慮すると中国は日本の約10倍のシームレス鋼管を生産していることになる。

エネルギー関連の鋼管の生産量については、Yin Guomaoの論文³⁾よりその内容の一部を知ることができる。図5は2003年から2006年の4年間における中国シームレス鋼管生産量に占めるエネルギー関連3品種の生産量比率を示している。但しシームレス鋼管生産量は鉄鋼統計要覧の値を採用した。これら3品種の比率は2003年よりしだいに上昇してきたが、2006年では前年よりわずかに低下して27.3%である。2006年の実績でみると油井管が21.7%と大きな割合であり、ついでボイラーチューブが4.6%、ラインパイプは1%と比率は小さい。これは、シームレス鋼管のラインパイプは外径が小さいために、後に述べる天然ガス輸送用の長距離パイプラインには大径の溶接管が採用されるためである。残念ながら溶接管についてはこのような資料を見つけることはできなかった。

2.2 エネルギー消費と鋼管消費

各国のエネルギー消費に対する鋼管の使用量は、その国のエネルギー構成により大きく変化することが予想される。中国における一次エネルギー構成を円グラフで図6に示した。

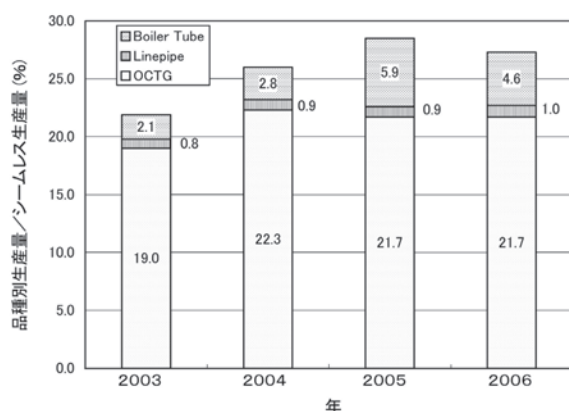


図5 中国におけるシームレス鋼管生産量に占めるエネルギー関連品種別生産量比率

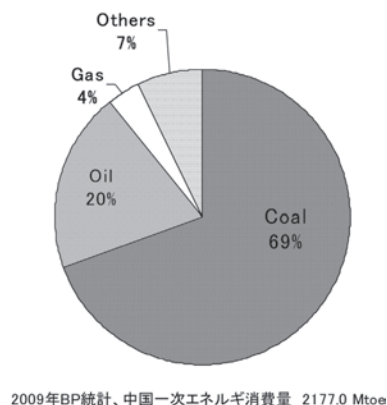
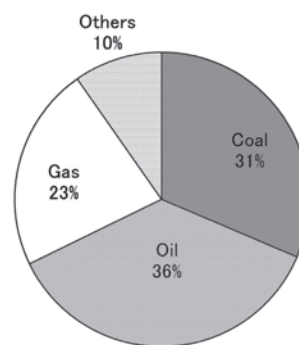


図6 中国における一次エネルギー構成

また同様に世界の一次エネルギー構成を図7に示す。中国では石炭が一次エネルギーの約70%を占めており、大量の石炭がエネルギー源であることが分かる。世界全体では石炭は31%と中国の半分以下であり、この点からも中国の一次エネルギーに対する石炭への依存度が高いことが明らかである。これに対して天然ガスは4%を占めるのみであり、世界平均の23%とは大きな差がある。このエネルギー構成が中国がCO₂排出量でも世界一である原因になっている。中国の第10次5ヵ年計画では天然ガスの利用促進を上げており、2010年には9%を目標⁴⁾としてパイプラインを含むインフラの整備を推進⁵⁾してきたが、エネルギー消費全体の伸びが大きいためこの目標を達成することは困難である。石油は既に完全自給はできなくなっており、一部輸入に依存していることから国内油田における大幅な増産は難しくなっている。このような状況から判断して、中国では短期的には大幅にこの構成を変えることは困難であると言わざるを得ない。

急激な経済成長が始まった2000年を起点として、一次エネルギーの種類別の変化を見たものが図8である。石炭、石油、天然ガスに加えて発電量の変化も示している。中国の電力は石炭火力が主力を占めていることから、石炭の伸びとほ



2009BP統計、世界の一次エネルギー消費量 11,164.3MToe

図7 全世界における一次エネルギー構成

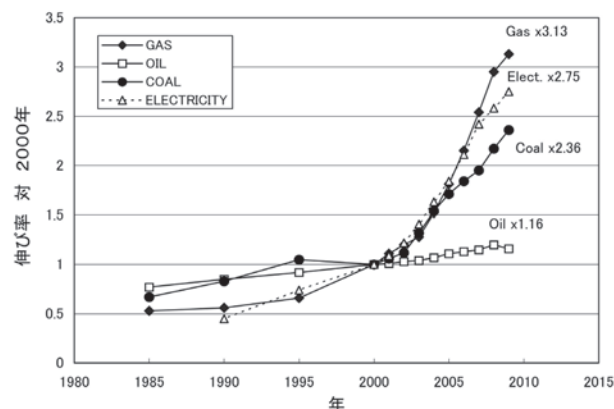


図8 中国におけるエネルギー消費の対2000年比での伸び率

ば対応して発電量が伸びていることが分かる。構成で20%を占める石油の伸び率は小さく、1.16倍に留まっている。一方で天然ガスは3倍強に増加しており、この間の伸び率は一番高い。これも中国政府が政策として推進していることを裏付けている。

これらのエネルギー消費量と鋼管使用量とは相関があると仮定して整理したのが、図9、図10、図11である。図9は2000年から2008年におけるOCTG累積消費量⁶⁾と石油・天然ガスの生産量¹⁾の関係を示す。この図から極めて良い直線関係が見られ、中国における石油・ガスの生産1MToeに当たり190ktのOCTGが使用されたことが分かる。図10は天然ガスの消費と天然ガスパイプラインの距離の関係を示している⁷⁾。予想されるように天然ガスはパイプラインの敷設がないと運搬が困難であるため、パイプラインの総延長に比例してその消費量が増加する。1995年から2005年の10年間のパイプラインの総延長の伸びとガス消費量の増加には良い相関が見られ、中国では1Bcm (Billion cubic meter) あたり590kmのパイプラインが建設されたことが分かる。図11は

年間発電量とボイラーチューブの累積消費量の関係を示したものである⁸⁾。累積量を取っているのは建設された火力発電所が継続して発電に寄与していると考えられることからである。この関係においても4年間と短期間のデータではあるが、良い直線関係が認められ1Terawatt-hourあたり2.4ktのボイラーチューブが消費されたことになる。これらの関係から、中国におけるエネルギー関係鋼管3品種のマーケット規模が推定できる。

2.3 中国の鋼管輸出能力

既に述べたように、中国における鋼管生産は2000年以降に急激に拡大したが、エネルギー分野を含めて国内需要を上回る増産を達成したことで輸出マーケットに進出する余力ができた。このような状況での中国における鋼管の輸出入の推移を見ることにする。シームレス鋼管および溶接管の中国からの輸出入量差の変化を図12に示す。2003年以前は輸入超過であったが、2004年からはシームレス鋼管、溶接管とも輸出超過に転じた。その後の急激な輸出の拡大は鉄鋼生産

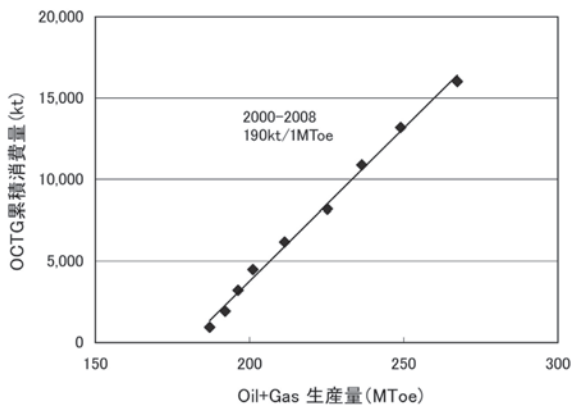


図9 OCTG累積消費量とOil+Gas生産量との関係

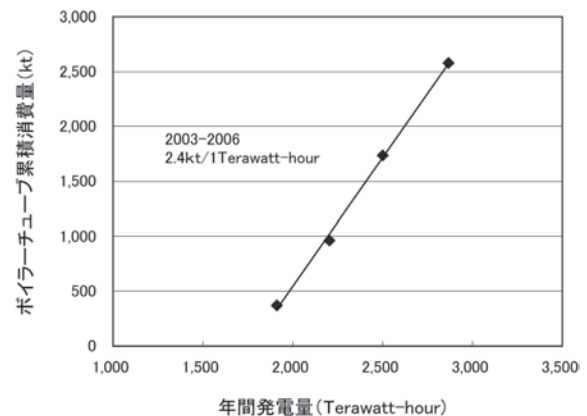


図11 ボイラーチューブ累積消費量と発電量との関係

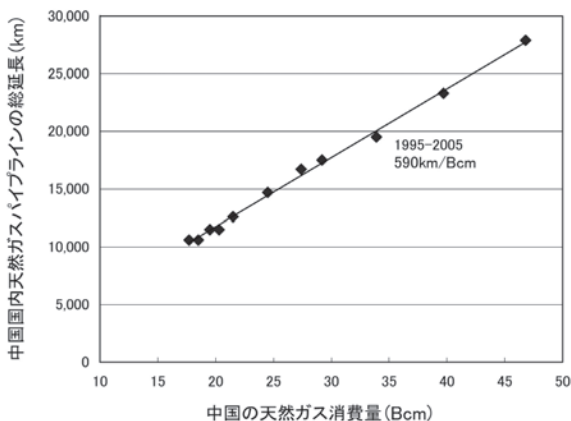


図10 中国国内幹線天然ガスパイプラインの延長距離とガス消費量との関係

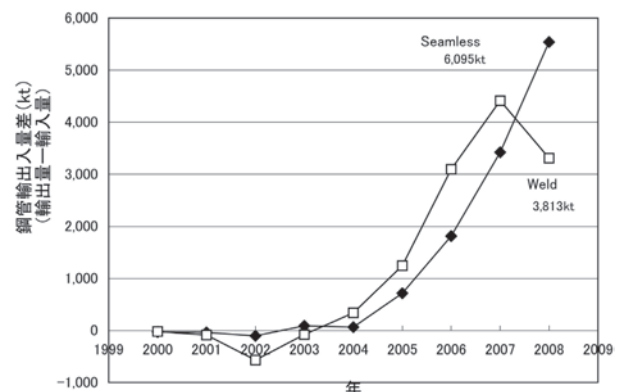


図12 中国のシームレス鋼管および溶接管の輸出入量差の変化

量の増加と対応している。2008年における鋼管の輸出量は、シームレス鋼管が6,095kt、溶接管が3,813ktである。溶接管が2008年で前年より低下しているが理由は不明である。シームレス鋼管の輸出品目の割合は2007年の実績で、OCTGが1,610ktで約40%、ラインパイプは687ktで17%、ボイラーチューブは140ktで4%となっており、図13に内訳とその推移をまとめている⁹⁾。油井管、ラインパイプは合計で57%と輸出の主力品種になっていることが分かる。

日本および中国の鋼管の輸出比率を図14に比較して示す。2000年以降の変化を示しているが、日本はシームレス鋼管がほぼ70%、溶接管は約30%で変化は小さい。中国は2004年以前10%以下に留まっていた輸出比率が、2004年以降で上昇に転じていることが分かる。2008年の実績ではシームレス鋼管が約30%、溶接管が約70%と輸出比率は日本より小さく、国内消費に回っているものが多かったことが分かる。しかし、2004年に鋼管輸出国に転じた中国は、鋼管の輸出マーケットでの存在を急激に拡大してきており、生産量の拡大とともに更に輸出比率が上昇することも予想され、輸出マーケットでの中国の存在が更に大きくなる可能性を示唆している。

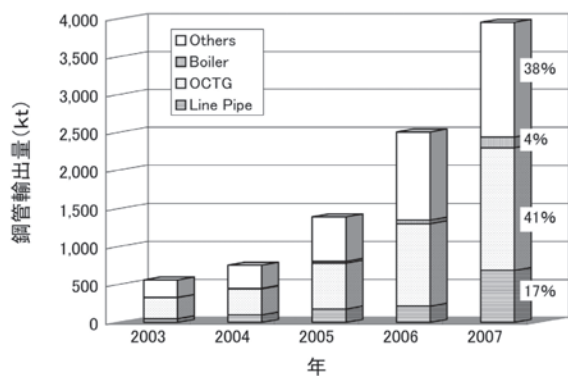


図13 中国シームレス鋼管の品種別輸出量の推移

一方中国の鋼管輸入量の変化を図15に示す。図には日本から中国に向けての輸出量の変化も合わせて示している。2000年以降中国の鋼管生産量は飛躍的に拡大したにもかかわらず、1,000kt前後の鋼管が毎年輸入されている。これらの輸入は後に述べる技術的に中国では国産化できていない高級品である。1985年における中国の日本製鋼管への依存度は高く、73%を占めていたがしだいに輸入品における日本製鋼管のシェアは低下してきており、2008年には18%を占めるのみになっている。中国市場における日本製鋼管の競争力が次第に失われてきたことが分かる。

3 中国における鋼管生産技術

3.1 生産技術の向上と国産化の進展

これまでに明らかにしたように、中国では国内のエネルギー供給能力の増加に対応して鋼管の生産が増加した。また国内需要を上回る生産能力を活かすために、当然のことながら鋼管の輸出を拡大してきた。しかしながらエネルギー関連の鋼管の供給に関してまだ100%の国産化はできていない。図16には油井管とボイラーチューブの国産化の状況を示し

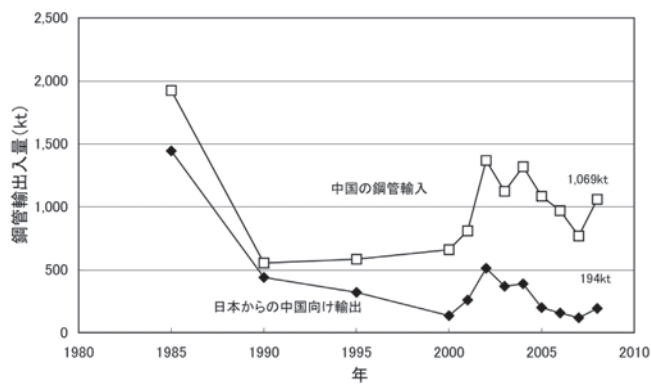


図15 中国の鋼管輸入量と日本からの中国向け鋼管輸出量の推移

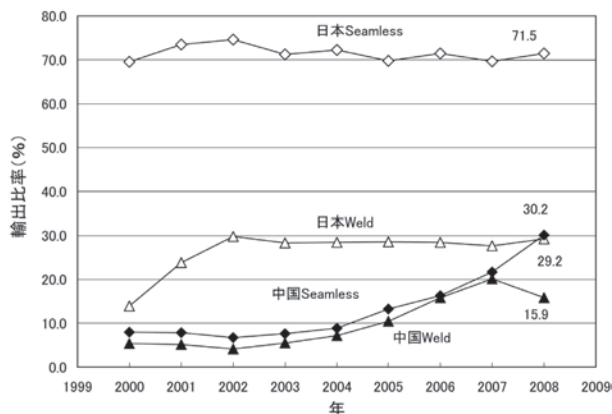


図14 日本および中国のシームレス鋼管、溶接管の輸出比率の推移

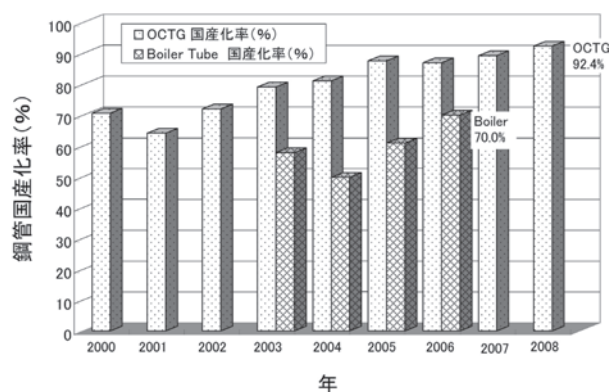


図16 OCTGとボイラーチューブの国産化の進展

ている。油井管では2000年から2008年の実績⁶⁾があったが、ボイラーチューブについては2003－2006の実績⁸⁾のみ入手可能であった。この図から見えるように、油井管では2000年には70%であった国産化率が、2008年には92.4%と順調に国産化が進んでいる。一方ボイラーチューブに関しても国産化率は伸びてはいるが、油井管よりも低く留まっている。2006年時点では約15%の差が見られることから、ボイラーチューブの国産化率は2008年時点においても80%程度ではないかと推定される。

油井管で国産化がまだ完了していない品種について見てみる。世界的な傾向として石油・天然ガスの生産量を増加させる必要性から、従来は開発が困難であった過酷環境での油田・ガス田の開発が進んでいる。中国においてもこれらの過酷環境で使用される油井管の需要が増加していることが推察される。Li Heilin¹⁰⁾は、中国はOCTGに関してLow-end商品を輸出しHigh-end商品を輸入していると報告している。High-end商品で代表的な3品種として①高強度・高靱性サワー (H₂S) グレード②ステンレスおよびNi合金油井管③特殊ネジコネクション付き油井管をあげている。これらの高級グレードについても、各シームレス鋼管メーカーは開発を完了したとしてカタログにも記載しているが、いずれも量産技術には依然不安があるため輸入比率が高い品種として取り上げられており、国産化が強く望まれている。

ボイラーチューブはYin Guamao³⁾によると、亜臨界、超臨界用のボイラーチューブ、ASME規格T91 (9Cr)、TP347H (18Cr-8Ni) ステンレス管については量産化が完了し、新規材料としてT92/P92 (9Cr-1.8W)、P23/T23 (2.25Cr-1.6W)、T122/P122 (11Cr-2W-0.4Mo)、TP347HFG (18Cr-10Ni-Nb) など小ロット生産のみ可能と報告している。

このように一部の高級品種を除いて、全ての油井管、ボイラーチューブは国産化が完了しており、日本からの輸出も減少傾向にあることはすでに述べた。今後数年以内にはこれら高級品種の国産技術を確立することが十分に予想される。現

状において中国では量産化は難しいが、彼らが安定製造技術を確立すれば、いよいよ国際マーケットにおける日本製高級シームレス鋼管との競争が激化する可能性が高まるであろう。

3.2 主要ミルの製造能力と新設備

2000年以降に急激に生産能力を拡大した中国の鋼管生産であるが、2007年におけるミル生産能力はシームレスが20Mt、溶接管が25Mtであり総合能力は年産45Mtに達したものと推定される。また溶接管の内ERW (Electric Resistance Weld) は15Mt、SAW (Submerge Arc Weld) (Spiral、UOE、JCOE) は10Mtとされている。鉄鋼統計要覧によると、2008年の生産実績は44Mtであることから、この生産能力が裏付けされた。ここでは各製法の代表ミルについて検証する。

3.2.1 シームレス鋼管ミル

シームレス鋼管ミルの数は中小を含めると150以上といわれている。そのうち年産能力900kt以上のミルを表1に示す。2006年の実績ではこれらのミルで中国シームレス鋼管総生産量の45%を占めている¹¹⁾。なお表1で宝山鋼鉄は、公称能力を超えた生産実績となっているが公称能力に統計的な問題があるものと思われる。新設ミルの生産量拡大を図る一方で、老朽化したミルや、品質の劣るミルは今後整理されることになるであろう。主力ミルは一貫製鉄所を持つ鉄鋼会社の経営であり、国内需要家からの高級品種の増産要請に対応するために開発意欲、設備投資意欲は極めて旺盛である。

設備的には2000年以前は2ロールマンドレルミル (MPM：フルリトラクトマンドレルミル)¹²⁾が主流であったが、その後3ロールマンドレルミル (PQF、FQM) が導入され稼働している¹³⁾。設備の国産化も進められており、2006年には国産の2ロールマンドレルミルが無錫シームレス鋼管に導入され、更に3ロールミルも建設中であると報告されている¹⁴⁾。これらの情報より中国シームレスミルは世界最新鋭の連続圧延設備を保有していることが分かる。

表1 中国の主要シームレス鋼管ミル

ミルNo	ミル名	代表的プロセス	能力(kt)	2006生産量(kt)
1	天津钢管集团股份有限公司 TIANJIN PIPE (GROUP) CORPORATION	Assel, MPM, PQF	2,600	1,634
2	宝山钢铁股份有限公司 BAOSHAN IRON & STEEL CO., LTD.	PQF	1,700	1,990
3	攀钢集团成都钢铁有限公司 PANGANG GROUP CHENGDU STEEL & VANADIUM CO., LTD.	FQM, MPM	1,350	848
4	衡阳华菱钢管有限公司 HENGYANG VALIN STEEL TUBE CO., LTD.	MPM, Assel	1,300	838
5	鞍钢股份有限公司无缝钢管厂 ANGANG STEEL CO., LTD.	MPM, PQF	950	555
6	包头钢铁(集团)有限责任公司 BAOTOU IRON & STEEL (GROUP) CO., LTD.	MPM, PLG	900	853
	6社合計能力と生産実績		8,800	6,718
	生産能力比(2006実績/能力)			0.76
	集中度			0.45

3.2.2 SAW 鋼管ミル

中国のパイプラインに大径ラインパイプを供給しているのは、スパイラル溶接管ミルとストレート溶接管ミルである。スパイラル溶接管ミルは100基以上稼動¹⁵⁾しており従来はスパイラル溶接管が主力であった。しかしその品質レベルはかなりばらついていて、天然ガスパイプラインではしだいに高強度、厚肉ラインパイプの需要が増加することに対応して、ストレート溶接管 (UOE、JCOE) ミルが建設され稼動を始めている。後に述べる西気東輸プロジェクト向けには、大量のスパイラルX80が出荷された。これに合わせスパイラル溶接管ミル設備も増強、新設されており、引続き天然ガス用パイプラインに大量の国産スパイラル溶接管が採用されている。

表2に主要ストレート溶接管ミルを示す¹³⁾。いずれも2000年以降に導入された設備を持つが、最大外径はPANYU、JCOEの1626mmを除いて1422mm (56インチ) であり、比較的に投資額が小さいJCOEが多い。宝山鉄鋼のUOEは7万トンのOプレス能力を持っており世界最新かつ最大である。ストレート溶接管の年産能力は2,050ktと拡大しており、こ

れまで輸入に依存してきた厚肉鋼管も国産化を進める体制が整ってきた。シームレス鋼管ミルと異なりPANYU鋼管と宝山鉄鋼をのぞく他のミルは、石油・天然ガス企業である中国石油天然気集団公司 (CNPC)、中国石油化工集团公司 (SINOPEC) が経営する鋼管ミルであることがシームレス鋼管の業態とは異なっている。

3.2.3 ERW 鋼管ミル

ERW 鋼管ミルは1600～1800基稼動していると推定され、生産能力は15Mt/年である。しかし94%は外径76mm以下の小径ミルが占めており¹³⁾、品質的には劣る低級管をもっぱら製造している。エネルギー関連用途の油井管、ラインパイプの製造能力をもつミルは限られている。表3に最大外径426mm (16インチ) 以上のミルをリストアップしている。最大外径660mm (26インチ) のERWミルも稼動しており品質の向上と相俟ってOCTGや小径の支線パイプラインにその用途が広がってゆくことが予想される。これらのミルは半導体高周波電源を採用し、成形にFFXを採用するなど、最新設

表2 中国のストレート溶接管ミル

ミルNo	ミル名	成型方式	最大外径	能力(kt/年)	2006年生産量(kt)	稼動時期
1	辽阳钢管有限公司 LIAOYANG STEEL TUBE CO., LTD.	UOE	1016mm	100	40	2003
2	番禺珠江钢管有限公司 PANYU CHU KONG STEEL PIPE CO., LTD.	UOE JCOE	1219mm 1626mm	400 300	460	2001 2007
3	巨龙钢管有限公司 JULONG STEEL PIPE CO., LTD.	JCOE	1422mm	200	200	2002
4	万基钢管(秦皇岛)有限公司 WANCHI STEEL PIPE (QINHUANGDAO) CO., LTD.	JCOE	1422mm	200	50	2004
5	中国石化江汉石油管理局沙市钢管厂 SHASHI STEEL PIPE WORKS of JIANGHAN PETROLEUM ADMINISTRATION BUREAU, SINOPEC	JCOE	1422mm	150	100	2004
6	宝山钢铁股份有限公司 BAOSHAN IRON & STEEL CO., LTD.	UOE	1422mm	500		2007
7	宝鸡石油钢管有限责任公司 BAOJI PETROLEUM STEEL PIPE CO., LTD.	JCOE	1422mm	200		2009
7 社会計生産能力と生産実績				2,050	850	

表3 中国の主要ERW 鋼管ミル

ミルNo	ミル名	最大外径(mm)	能力(kt/年)
1	宝鸡住金石油钢管有限公司 BAOJI-SMI PETROLEUM STEEL PIPE CORPORATION	426	200
2	锦西钢管有限责任公司 JINXI STEEL PIPE CO., LTD.	508	150
3	上海中油天宝钢管有限公司 SHANGHAI ZHONGYOU TIPO STEEL PIPE CO., LTD.	610	300
4	上海埃力生钢管有限公司 SHANGHAI ALISON STEEL PIPE CO., LTD.	610	300
5	宝山钢铁股份有限公司 BAOSHAN IRON & STEEL CO., LTD.	610	300
6	天津双街钢管有限公司 TIANJIN SHUANGJIE STEEL PIPE CO., LTD.	610	300
7	金洲集团有限公司 KINGLAND GROUP CO., LTD.	630	350
8	渤海装备公司华油钢管有限公司扬州分公司 NORTH CHINA PETROLEUM STEEL PIPE CO., LTD YANGZHOU SUBSIDIARY COMPANY	508	150
9	武钢集团江北公司汉口轧钢厂 HANKOU ROLL FORMING-STEEL PLANT of WISCO	660	350
10	天津天管太钢焊管有限公司 (建設中) TIANJIN TIANGUAN TAIGANG WELDED TUBES COMPANY	660	300
10 社会計生産能力			2,700

備を導入している。またシームガイド、内面ビード切削、オンラインシーム熱処理などの製造設備、オンライン自動超音波などの検査設備が導入されており先進国と設備的には差がなくなっている¹⁵⁾。宝山鋼鉄は管体熱処理装置を有しており、OCTGでAPI-N80、P110などの高級品種を揃えて、従来シームレス鋼管の市場であった分野への拡販も狙っている。

4 パイプライン建設と大径ラインパイプ

4.1 大径ラインパイプの国産化

中国では天然ガス利用拡大に向けて長距離パイプラインを建設中である。天然ガス比率を上げてゆくためには、パイプラインの建設が不可欠であることを2.2節で述べた。大径ラインパイプの製造能力は2000年以降で急拡大したが、国産化の進行状況について具体例として二つの西気東輸パイプラインプロジェクトを検証する。

表4に第一、第二西気東輸(W-E Pipeline)プロジェクトで使用されたラインパイプの概要を示す^{16,17)}。第1W-E Pipelineでは外径1016mmX70鋼管が採用された。この時点では中国にはX70大径ラインパイプの製造および適用実績はほとんど無かったため、欧米におけるX70鋼管の適用実績を検討し採用に踏み切った。2001年から始まった建設には、薄肉の14.6mmはスパイラル溶接管を採用し、厚肉の4サイズはストレート溶接管を採用した。薄肉14.6mmの約80%を国内スパイラル溶接管ミルが供給したが、スパイラルでは製造が困難であった厚肉の4サイズは、大半を日本およびドイツからの輸入品によってパイプラインを完成させた。しかし2008年から始まった第2W-E Pipelineでは、強度グレードをX80に上げるとともに、薄肉の18.4mmはすべて国内スパイラル溶接管ミルが供給している。厚肉の4サイズについても国産品の比率が大きく上昇しており、この間の国産化の進行速度の早さに驚かされる。このような大径ラインパイプの国産化には製管能力に加えて、素材としてのホットコイルおよび厚板の供給能力が追いついてくる必要があるが、本報告では鋼管の

現状に焦点を当てていることから、中国の熱延、厚板の現状の実力については他に譲る。

4.2 大径ラインパイプの品質課題

溶接鋼管の品質は、素材としてのホットコイルおよび厚板に大きく依存している。X80の量産化に成功した中国の大径溶接管の品質について、限られた情報を元に検証してみる。中国では高強度ラインパイプ用素材の製造経験が無かったにもかかわらず、早急に国産化に踏み切らざるを得なかったことから、海外のコンサルタントの指導を受け、基本成分系として低C-高Nb鋼を採用してX70、X80の製造を開始した¹⁸⁾。高Nb鋼は合金成分も安価であること、高温仕上げで強度が確保できることから、圧延ミルに大きな負担をかけることなく高強度材を製造できるというメリットがある。しかし強度を上げるためにはNbのスラブ段階での固溶度を確保しなければならず、高温再加熱を指向することになる。一方ラインパイプでは脆性破壊伝播停止性能の確保のために、低温靱性が求められる。このためには細粒組織を得なければならず、低温再加熱、低温圧延が必要になる。この両方の要求を満足させることがラインパイプ素材製造の難しいところでもある。X80を高Nb鋼で製造するにあたり、中国のミルはかなり苦労していることがうかがえる報告が出ている¹⁹⁾。図17はWuhanにおけるX80ホットコイルの合格率の推移を示して

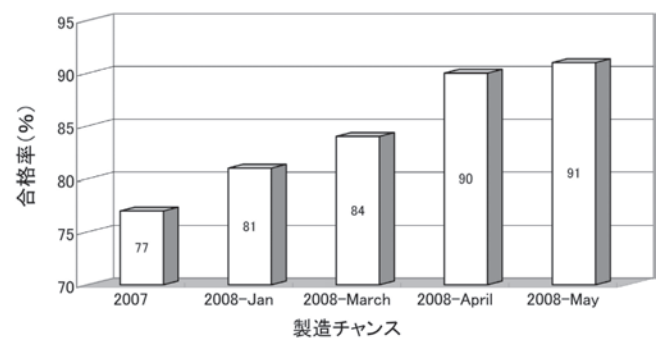


図17 X80用ホットコイルの製造チャンスでの品質合格率の推移

表4 第一、第二西気東輸パイプラインプロジェクトでの大径ラインパイプの国産化率

Pipeline名	Pipe Grade 外径(mm)	肉厚(mm)	採用量 (kt)	Spiral比率(%)	国産比率(%)
第1西気東輸 工期2001-2004	API X70 1016mm	14.6	732	77.4	78.0
		17.5	599	0	14.2
		21.0	183	0	27.6
		26.2	65	0	0
第2西気東輸 工期2009-2011	API X80 1219mm	18.4	1,418	100	100
		19.1	60	0	66.7
		22.0	1,021	0	81.7
		26.4	466	0	93.6
		27.5	44	0	100

いる²⁰⁾。当初は77%の合格率が1年後には90%を越えるまでに改善されたと報告している。これから90%の合格率はほぼ満足できるレベルにあると考えていると推定される。不良の原因としては①DWTT (Drop Weight Tear Test) 不合格②強度不足の二つを上げている。これは低C-高Nb鋼で予想される不良原因である。ラインパイプ用材料についての蓄積が無いところから始めているために、鋼成分と圧延条件などを決定するには相当の時間を要したと思われる。現状でも水冷条件の変化、圧延温度管理などで課題があることが指摘されている¹⁸⁾。

スパイラル溶接管の品質について Wang Xiaoxiang の報告²¹⁾によると十分に性能を満足したとしているが、図18に同報告の性能実績から強度分布を正規分布と仮定した場合の低YSによる不良率を推定して示した。鋼管では11%から13%の低強度による不良が発生していることが推定される。またDWTTはすべて合格としてはいるが実績は報告されていない。DWTT不合格も否定はできないことから、鋼管でも10%以上の不良が発生したものと推定できる。ストレート溶接管用の素材はホットコイルではなく厚板を使用する。中国製のX80用厚板の基本成分はホットコイルと同じであり、厚肉材の強度を確保するためにCr、Moなど合金元素を追加添加している。同様に Li Yanfeng ら²²⁾によればJCOEでの試作では厚板供給各社の合計では、表5に示すように原因別不良率はYR外れが2.5%、DWTT外れが2.0%となっている。JCOEではスパイラル溶接管と異なり拡管により鋼管のYSは高くなることから、低YSは発生しないが今度は逆にYRが上限を越えたものがあったものと推定され、強度管理の安定度での課題が見える。DWTTはホットコイルと同様の理由から安定できていないものと推定される。第2W-E Pipeline向け

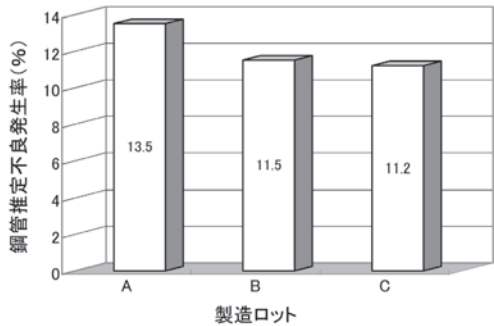


図18 スパイラルX80鋼管の製造ロット間の強度不足による不良発生率

表5 JCOEミル製造のX80大径ラインパイプの原因別不良率

不良原因	YR	DWTT	YS	Cv
不良率 (%)	2.5	2.0	0.3	0.4

のX80大径ラインパイプの製造には相当の苦労が伴ったものと推察できるが、これだけの量産を実施したことからも多くを学んだことと考えられ、今後の中国ミルの品質対応力にも注目したい。

5 今後の中国鋼管生産の展望と日本

5.1 一貫製鉄所における鋼管ミルと專業製管ミル

中国の鋼管メーカーの特徴として、一貫鉄鋼会社に所属するシームレス鋼管ミルと上工程をもたないCNPC傘下の大径溶接管メーカーが存在することがある。大手シームレス鋼管メーカーは材料を自前で手配できることから、材料開発も含めてより高級品への進出を図っている。一方CNPC傘下の溶接管メーカーは、従来の5社から2社に再編し生産能力としては2Mt/年の能力をもつ巨大溶接管製造グループが形成された。これら專業鋼管ミルは親会社のCNPCからの材料支給で製管を請負い、CNPCの投資に沿った形でエネルギー関連の鋼管を出荷することを使命とする。したがって高強度、高靱性を要求されるラインパイプの材料も含めての開発と、一貫管理能力では弱点があると思われる。このことから、これまでには実績のない厚肉高強度材など材料、製管の共同によって可能となるような分野への展開ではまだ日本とドイツの世界一流のミルには追いついてはいない。

一方世界最新鋭の連続圧延機を備えたシームレス鋼管メーカーは、天津鋼管、宝山鋼鉄を筆頭に製鋼からの一貫管理体制をとることができる体制にある。国産化の進展で述べたように、まだ高級品種の量産化には問題があるものの、急速にこの分野の拡大も視野に入ってくるであろう。また宝山鋼鉄ではシームレスに加えて、ERW、UOEの設備も導入し溶接管一貫メーカーとしての体制を整えてきた。中国の專業溶接管メーカーの弱点はここでは解消される可能性も高く、既に宝山UOEミルはオーストラリア向けにX70ラインパイプを20万トン受注し、輸出マーケットに進出を始めた。総合力では日本メーカーがまだ優位にあると思われるが、経験を積むことにより急速にその差を詰めてくるものと考えられる。

中国鋼管メーカーはまだ商品開発力では劣っている。しかしここを補うために製鉄会社、CNPCとも、頻繁に鋼管分野の内外の著名人を招待し技術交流会を開催するなど、開発の推進に意欲的である。X80大径管の例でも述べたように、商品開発は試作と量産化が同時並行で進められる。その間の歩留まりなどにはあまり執着せず、商業化の実績が評価されるようである。日本など先進工業国では特許などによりベース技術を初期段階で抑えることで権利を保護しているが、商業化までに時間が掛かりすぎ特許権が失効するなどのケースもみられ、国家的戦略により商業化を推進する中国に遅れをと

ることも懸念される。

5.2 鋼管製造大国から鋼管製造強国へ

中国の鋼管生産能力は現時点で既に50Mt/年を越えているものと推定される。これは鋼管製造大国であり、既に多くの汎用品の国産化も完了して鋼管の輸出においても大国となった。残された目標は鋼管製造強国²³⁾である。これは国家戦略として指導されており、現在はまだ劣っている高級品の製造技術を確立し、商品開発を推進することにある。今後老朽化した設備を廃棄しながら、新鋭設備で高品質の鋼管を製造することで高級品の国際マーケットへの進出を狙うことになると思われる。中国の強みは国家エネルギー戦略に合致した鋼管製造能力の拡大にある。国内の自給を上回る製造能力を獲得した中国鋼管メーカーは、更に国際マーケットへの進出を図るであろう。国際マーケットでのエネルギー関連の鋼管では、海外のユーザーとの取引で技術開発力が重要な要因である。これまで新しい使用環境に対応する材料開発と提案は、日本メーカーの得意とするところであった。製鋼からはじまる新商品開発力は日本メーカーの強みである。顧客との共同作業で発揮されるこの開発力を更に磨くことが、今後の国際マーケットにおける中国鋼管メーカーとの競争において一層重要な要素になると思われる。

6 まとめ

中国における鋼管製造能力は2000年以降の10年間で急拡大した。現状では生産能力は50Mt/年に達しており日本の鋼管生産能力を大幅に上回った。鋼管生産能力の拡大は中国の経済成長に伴ったエネルギー消費の急激な増加を支えたことを明らかにした。

石油・天然ガスの生産、輸送には大量の鋼管が使用される。石炭を主力とする火力発電能力拡大には高性能のボイラーチューブが必要である。中国のシームレス鋼管および溶接管の生産能力の増加により、これらの鋼管の大部分が国産化され技術的にも大きな進歩があった。シームレス鋼管および溶接管とも2000年以降に導入された製造設備は世界最新鋭の設備であり、最も新しい製管設備が中国にそろった。今後いまだ国産化できていない高級油井管、ボイラーチューブでの国産化が推進されることになる。大径ラインパイプではX120までの試作を完了し、全てのグレードの国産化が可能であるとしている。今後これら新鋭設備を使つての高級鋼管の増産により、日本などが対象としてきた高級品の国際マーケットにも進出する可能性が高まってきていることが認識された。

日本の鋼管ミルの多くは製鉄会社に所属しているが、中国

では製鉄会社系と中国石油系がある。シームレス鋼管ミルは製鉄会社に所属し、材料から一貫した開発と製造管理が可能である。一方主要溶接管メーカーは上工程を鉄鋼メーカーに依存しており、材料を含めた開発力および一貫管理能力では弱点が見られる。日本鋼管ミルの中国鋼管ミルに対する強みは以下の3点にあると考えられる。①材料開発を含めた商品開発力②製鋼から始まる材料と鋼管ミルとの一体運営と品質管理③顧客と一体となった開発推進力。(改行)

日本鋼管メーカーとしては強みを更に磨くことで、今後予想される中国メーカーの高級鋼管の国際マーケットへの本格的な進出に備えることが重要である。本報告が中国鋼管メーカーの現状を理解するのに多少なりとも役立てば幸いである。

参考文献

- 1) BP Statistical Review of World Energy June 2010, <http://www.bp.com/statisticalreview>
- 2) 鉄鋼統計要覧, 社団法人日本鉄鋼連盟, (1981-2009) .
- 3) Yin Guomao : 鋼管 (Steel Pipe) , 37 (2008) 1, 7.
- 4) Yao Yuanming (姚源明) : 問題と研究, 38 (2009) 2, 104.
- 5) Zhang Wenqin (張文青) : 立命館国際研究, 14 (2003) 4, 65.
- 6) Li Helin, Tian Wei, Kuang Xianren : 鋼管 (Steel Pipe) , 39 (2010) 1, 1.
- 7) 竹原美佳 : JOGMEC ブリーフィング資料, 2007,9.19 (元データ能源統計年鑑)
- 8) Yang Xiuqin : 鋼管 (Steel Pipe) 37 (2008) 4, 1.
- 9) Gu Ligong : 鋼管 (Steel Pipe) 37 (2008) 4, 57.
- 10) Li Heilin, Zhang Yaping, Han Lihong : 鋼管 (Steel Pipe) , 37 (2008) 1, 1.
- 11) Yin Guomao : 鋼管 (Steel Pipe) , 36 (2007) 6, 7.
- 12) 中島一博 : 第201, 202回 西山記念技術講座, 日本鉄鋼協会編, (2010), 67.
- 13) Yang Xiuqin : 鋼管 (Steel Pipe) , 37 (2008) 1, 12.
- 14) Li Yuande, Zhu Yanyu, Jia Lihong, Zhao Lumin : 鋼管 (Steel Pipe) , 39 (2010) 2, 1.
- 15) Wang Xiaoxiang : Welded Pipe and Tube, 31 (2008) 1, 5.
- 16) L.A.Gray, Wu Hong, Ma Naxin : Oil and Gas Journal, May 26 (2003) , 54.
- 17) Liu Wengcheng : Proceedings of X80 & HGLPS2008, Jun 23-24, 2008, Xian, China, 13.
- 18) Douglas G. Stalhaim : Proceedings of International Pipeline Technology Conference, 2010 Beijing, 7.29-30, 2010, Beijing, China, 203.
- 19) Nie Wenjin, Wang Zhifu, Li Ranli, Li Yucang, Zhang Xiaobing : Proceedings of X80 & HGLPS2008, Jun 23-

- 24, 2008, Xian, China, 104.
- 20) Kong Junhua, Zheng Lin, Guan Yun, Liu Xiaoguo :
Proceedings of X80 & HGLPS2008, Jun 23-24, 2008,
Xian, China, 231.
- 21) Wang Xiaoxiang : Proceddings of HSLP 2010, June 28-
29, 2010, Xian, China, 29.
- 22) Li Yanfeng, Wang Xiaoxiang, Zhang Xiaoxia :
Proceedings of X80 & HGLPS2008, Jun 23-24, 2008,
Xian, China, 270.
- 23) Yang Xiuqin : 鋼管 (Steel Pipe) , 37 (2008) 1, 12.
- (2010年10月22日受付)