

特殊鋼

2014
Vol.63 No.4

7

The Special Steel

特集／新エネルギーと特殊鋼～風力発電に注目～



特殊鋼

7 目次 2014

【編集委員】

委員長	紅林 豊 (大同特殊鋼)
副委員長	甘利 圭右 (平井)
委員	杉本 淳 (愛知製鋼)
〃	佐藤 元晴 (神戸製鋼所)
〃	西森 博 (山陽特殊製鋼)
〃	川添 健一 (新日鐵住金)
〃	松村 康志 (大同特殊鋼)
〃	内藤 靖 (日新製鋼)
〃	石川流一郎 (日本金属)
〃	宮川 利宏 (日本高周波鋼業)
〃	佐藤 昌男 (日本冶金工業)
〃	加田 善裕 (日立金属)
〃	山岡 拓也 (三菱製鋼室蘭特殊鋼)
〃	中村 哲二 (青山特殊鋼)
〃	池田 正秋 (伊藤忠丸紅特殊鋼)
〃	岡崎誠一郎 (UEX)
〃	池田 祐司 (三興鋼材)
〃	金原 茂 (竹内ハガネ商行)
〃	渡辺 豊文 (中川特殊鋼)

【特集／新エネルギーと特殊鋼～風力発電に注目～】

I. 総論

1. 新エネルギー産業における特殊鋼需要
..... (一社)特殊鋼倶楽部 事務局 2
2. 風力発電に対する振興政策の状況について
..... 経済産業省 資源エネルギー庁 堀田井孝弘 11
3. 風力発電の将来展望と技術開発動向
..... (一社)日本風力発電協会 海津 信廣 16

II. 風力発電と特殊鋼

1. 増速機..... (株)石橋製作所 諫山 勝己 21
2. 制御装置 (ヨー駆動装置)
..... ナブテスコ(株) 浅川 雄一 24
3. 軸受..... NTN(株) 井上 靖之 27
4. 洋上風力用チェーン..... 濱中製鎖工業(株) 金子 秀彦 33
5. ボルト (アンカーボルト、接続用ボルト)
..... ユニタイト(株) 橋本 篤 36

III. 会員メーカーのエネルギー関連製品、技術

- ごみ焼却発電ボイラ鋼管QSX5
..... 山陽特殊製鋼(株) 中間 一夫 39
- エネルギープラント向け極厚クロムモリブデン鋼板
..... JFEスチール(株) 西村 公宏 40
- スーパーダイヤ®を用いた太陽光発電設置用架台
..... 新日鐵住金(株) 青山 敦司 41
- “特集”編集後記..... (株)神戸製鋼所 小椋 大輔 42

●一人一題：『母の死』と『花』

……………大同DMソリューション(株) 津田 孝良 1

■業界の動き	43
▲特殊鋼統計資料	46
★倶楽部だより（平成26年4月11日～6月10日）	50
☆特殊鋼倶楽部の動き	52
☆一般社団法人特殊鋼倶楽部 会員会社一覧	57

特集／「新エネルギーと特殊鋼」編集小委員会構成メンバー

役名	氏名	会社名	役職名
小委員長	小椋 大輔	(株) 神戸製鋼所	鉄鋼事業部門 線材条鋼商品技術部 次長
委員	杉本 淳	愛知製鋼(株)	品質保証部お客様品質・技術室 主査
〃	西森 博	山陽特殊製鋼(株)	軸受営業部 軸受CS室長
〃	本田 正寿	大同特殊鋼(株)	特殊鋼製品本部 自動車材料ソリューション部 主任部員
〃	内藤 靖	日新製鋼(株)	商品開発部 特殊鋼開発チーム 主任部員
〃	西 徹	日本冶金工業(株)	高機能材営業推進部 次長
〃	宮川 利宏	日本高周波鋼業(株)	営業本部 条鋼営業部 担当次長
〃	加田 善裕	日立金属(株)	高級金属カンパニー 特殊鋼事業部 技術部長
〃	山岡 拓也	三菱製鋼室蘭特殊鋼(株)	技術部部长
〃	金原 茂	(株)竹内ハガネ商行	技術部長
〃	甘利 圭右	(株) 平井	常務取締役

『母の死』と『花』

大同DMソリューション(株) 代表取締役 津田孝良



私事ですが、5月に母が肺炎と診断され、入院10日間の闘病生活という短い期間でこの世を去りました。入院するまですこぶる元気でしたので、突然の死に、私も家族もあっけにとられたというか、どうして?という思いの中で葬儀を取り計らいました。母は基督教の洗礼を受け、信仰深い基督教徒でしたので、毎週通っていた小さな教会で家族、親族、教会員による、お祈り、牧師様のお言葉、母の思い出話、また賛美歌が歌われる中、好きだったピンク、白、紫のトルコ桔梗に囲まれ、静かに、そして皆に祝福されながら、父が待っている神の御許に旅立ちました。ところで我が家は祖父が天津のお寺の出で、私も小さい頃より仏教との接点が多く、50歳から5年掛けて四国のお遍路さんを巡った事もありますが、基督教のように小さい頃から日曜日に教会に行く、といった習慣が無い私にとっては、どちらかと言うと宗教には少し距離を置いた形でこの64年余り過ごしてきました。宗教に対する考え方は人それぞれであります。50年前からボーイスカウト活動に携わり、各国のスカウトと交流してきましたが、外国の方は皆『信仰を持たないのは信じられない。』と言います。確かに私も含め、今の多くの日本人の姿なのでしょう。私の好きな言葉の一つに『愛は救う事』があります。『イエス様は慈愛をもって信仰する私たちを救ってください。』そう信じて旅立った母の死に接し、『信仰とは?』を今一度考えさせられました。

少し暗い話になりましたが、大阪に赴任して早4年が経過し、東京も含めると11年間単身生活を送っています。何にでも興味を持つ性格ですので趣味は多彩、小さい頃からのボーイスカウト活動、スキー歴50年、ゴルフ、お酒、ギャンブル全般（競馬は連敗中、週1回の麻雀は欠かさず）、観劇（四季のミュージカルが好き）、お寺めぐり（奈良、滋賀がメイン）など、楽しみには事欠かずですが、最近嵌まっているのが料理と花の栽培。特に花は、マンションが広く、帰ってきたときにたまたま寂しい思いをし、観葉植物を1つ買ったのがきっかけで今では120鉢の胡蝶蘭、ベゴニア、匂のアジサイ、ラベンダーなどが咲き乱れています。花の栽培で大変なのは水遣りで、花ごとに頻度も量も違い、出張の多い私にとって大変です。海外出張のときなどは会社のドライバーにお願いしたりしていますが、帰ってきたときに枯れていると、花に申し訳ない気持ちになってしまいます。それとは反対に一度花が終わり、肥料を施し、1年後にまた綺麗な花が咲いた時は本当に嬉しい限りです。あるテレビ番組で聞いたのですが、花にも感情があり、かわいがってくれる人が近づいてくると電波のようなものを発し、喜びを表わすようです。我が家の花々に命を託されていると思うと責任重大ですが、人にとって頼られることほど嬉しい事はないと思います。会社生活が終わりに近づく今、少しずつ減っていくであろう『頼られる喜び』を一つ増やす事ができた事に感謝している今日この頃です。



新エネルギーと特殊鋼

～風力発電に注目～

本稿は、特殊鋼倶楽部 市場開拓調査委員会で編纂した「平成23年度 新エネルギー産業の動向と特殊鋼需要調査報告書」に掲載された内容を基に事務局で再編集したものです。

I. 総論

1. 新エネルギー産業における特殊鋼需要

(一社)特殊鋼倶楽部 事務局

◇ 新エネルギーとは

一般に「新エネルギー」といった場合は、「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法（新エネルギー法）」において、「新エネルギー利用等」として規定されており、

① 石油代替エネルギーを製造、発生、利用す

ること等のうち

② 経済性の面での制約から普及が進展しておらず、かつ、

③ 石油代替エネルギーの促進に特に寄与するもの

とされている。

具体的には、以下の通りである。

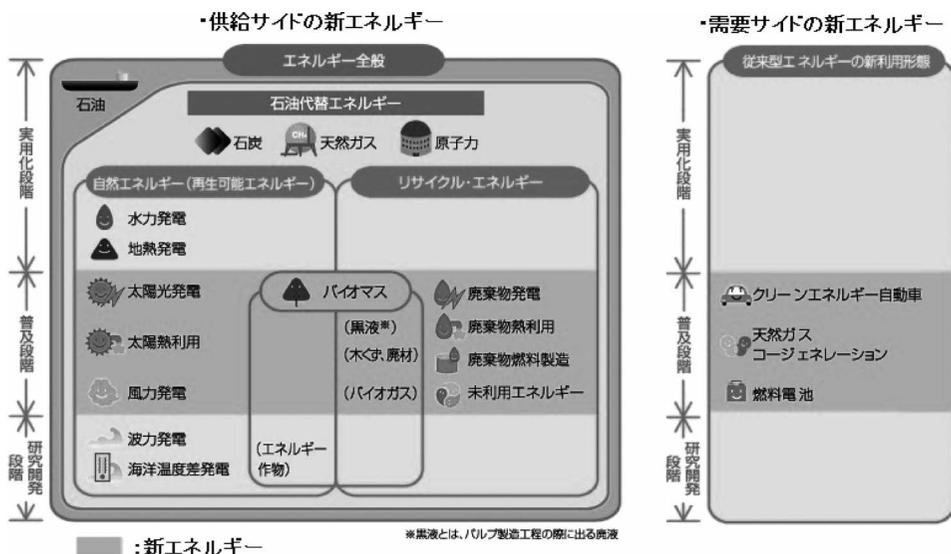


図 1 新エネルギーの定義 (出典：新エネルギー財団 www.nef.or.jp)

① 供給サイドの新エネルギー

太陽光発電、風力発電、太陽熱利用、温度差エネルギー、廃棄物発電、廃棄物熱利用、廃棄物燃料製造、バイオマス発電、バイオマス熱利用、バイオマス燃料製造、雪氷熱利用

② 需要サイドの新エネルギー

クリーンエネルギー自動車、天然ガスコージェネレーション、燃料電池

また、一般に「再生可能エネルギー」という用語も用いられるが、「新エネルギー」は自然のプロセス由来で絶えず供給される太陽、風力、バイオマス等から生成される「再生可能エネルギー」のうち、技術的に実用化段階にあるものの、経済面からその普及のための支援を必要とするものを指している（図1）。波力発電、海洋温度差発電については、研究開発段階にあるとして、新エネルギーには含まれていない。

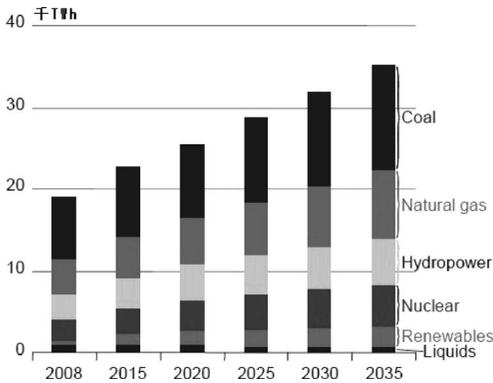


図2 世界の電源別発電量推移
(出典：International Energy Outlook 2011)

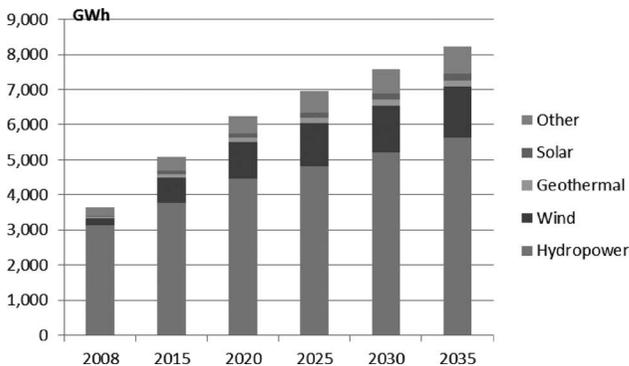


図3 世界の再生可能エネルギー発電量推移
(出典：International Energy Outlook 2011)

本調査では、「風力発電」、「太陽光発電」、「地熱発電」、「波力発電」を対象とする。

◇ 新エネルギー普及の現状・今後の見通し

米エネルギー省（International Energy Outlook 2011）によれば、世界の発電量は年率2.3%で増加し2035年には35.2千TWhになると見込まれている（図2）。そのうち再生可能エネルギーは、年率3.1%の増加が予想されており、その中でも増加率の高いのは、太陽光発電と風力発電である（図3）。

◇ 新エネルギーの発電原理と主要機器構成

1. 風力発電

風力発電は、風車のブレード（翼、羽）で風を受けて、ロータを介して主軸が回転し、その回転を増速機で発電可能な回転速度まで増速させ、発電機で発電する（図4）。風車の種類は、回転軸の方向によって、水平軸風車と垂直軸風車に大別されるとともに、作動原理によって、揚力形風車と抗力形風車に大別される。

水平軸風車／揚力形風車ではプロペラ式、水平軸風車／抗力形風車ではオランダ式などがあり、一方、垂直軸風車／揚力形風車ではダリウス式、垂直軸風車／抗力形風車ではパドル式など様々な種類がある。現在、中型以上の風車は、その多くがプロペラ式で、実用機の大部分を方位制御時に振動が起きにくく安定性が良いことから3枚ブレードが主流を占めている。

風力発電のシステムと主要構成機器を図5に示す。

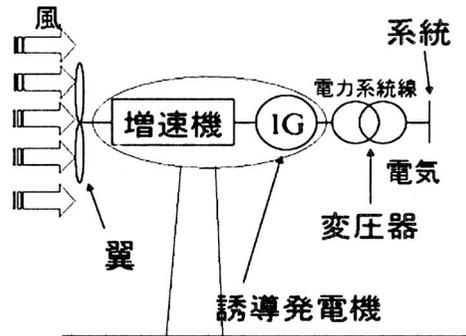


図4 風力発電の基本原則
(出典：三菱重工、誘導発電機型の例)

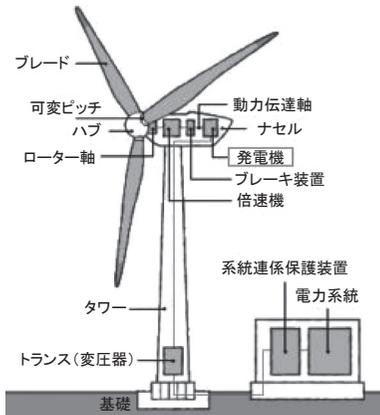


図 5 風力発電システム、主要構成機器
(出典：テラ・エネルギー社HP)

風力発電システムは、風力エネルギーを機械的動力に変換するローター系、ローターから発電機へ動力を伝える伝達系、発電機等の電気系、システムの運転・制御を司る運転・制御系および支持・構造系からなっており、それぞれ以下のような構成である(表1、図6)。

2. 太陽光発電

太陽光発電は、太陽電池を利用して太陽光のエネルギーを直接的に電力に変換する発電方式である。太陽電池は、太陽の光エネルギーを吸収して直接電気に変えるエネルギー変換器である。主にシリコンなどの半導体で作られており、この半導体に光が当たると、日射強度に比例して発電する。

表 1 風力発電装置主要構成機器

機能	機器名	使用材料
ローター系	ブレード (風車の回転翼)	GFRP、CFRP
	ローター軸 (ローター・シャフト)	特殊鋼 (鍛造品)
	ハブ	
	ハブ用ボルト	特殊鋼
伝達系	動力伝達軸 (主軸シャフト)	特殊鋼 (鍛造品)
	主軸用軸受	特殊鋼 (軸受鋼、大型はSUJ3、SUJ5)
	増速機	
	増速機用歯車	特殊鋼 (歯車鋼)
電気系	発電機 (誘導発電機、同期発電機)	電磁鋼板
	電力変換装置 (インバータ、コンバータ)	
	変圧器 (トランス)	
	系統連系保護装置	
運転・制御系	ピッチ制御装置 シャフト 軸受	特殊鋼 特殊鋼 (軸受鋼、小型・中型はSUJ2)
	ストール制御装置	
	ヨー駆動装置 シャフト 軸受 旋回輪用軸受	特殊鋼 特殊鋼 (軸受鋼) 特殊鋼 (大型はSCM440、小型は炭素鋼またはMn鋼)
	ブレーキ装置	
	各種歯車	特殊鋼 (歯車鋼)
	風向・風速計	
	運転監視装置	
	支持・構造系	ナセル (動力伝達装置、発電機、制御装置等を格納するもの)
タワー		厚板、コンクリート
タワー接続用ボルト		特殊鋼
タワー基礎		鉄筋、コンクリート
基礎用ボルト		特殊鋼

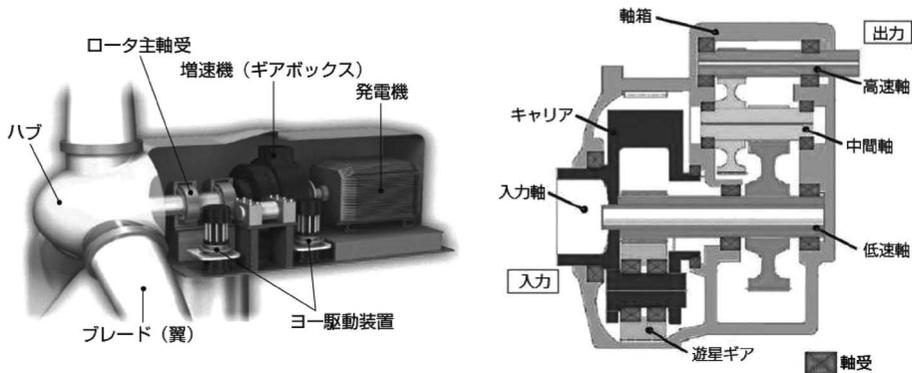


図 6 構成機器拡大図 (出典：NTNテクニカルレビューNo.76「風力発電機用軸受の技術動向」)

以下にその発電原理を示す。

現在最も多く使われている太陽電池は、シリコン系太陽電池で、この太陽電池では、電気的な性質の異なる2種類 (p型、n型) の半導体を重ね合わせた構造をしている (図7)。

太陽電池に太陽の光が当たると、電子 (-) と正孔 (+) が発生し、正孔はp型半導体へ、電子はn型半導体側へ引き寄せられる。このため、表面と裏面に付けた電極に電球のような負荷を繋ぐ

と電流が流れ出す。

太陽光発電システムは、以下のような構成機器・部品からなっている (表2)。配電の構造、屋内/屋外の電気機器は、住宅用と公共/産業用とでは使用個数等の差はあるものの、表2の機器が共通して用いられる。

3. 地熱発電

地下数キロメートルにはマグマによって熱せられた高温、高圧の熱水の地熱貯留層があり、地熱

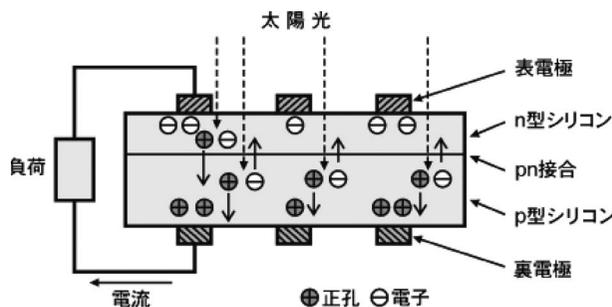


図 7 太陽電池の発電原理 (出典：太陽光発電協会)

表 2 太陽光発電システムの構成機器と使用材料

機器名	機能等	屋内/屋外	使用材料 (外装)
太陽電池モジュール	発電	屋外	アルミフレーム等
架台	モジュールの固定・設置	屋外	アルミ、SUS、メッキ鋼材等
接続箱 (接続ユニット・昇圧ユニット)	電流を集めてパワーコンディショナへ送る	屋外	薄板 (EG?) + 塗装、SUS
パワーコンディショナ	直流を交流に変換	屋外/屋内	薄板 (EG?) + 塗装、SUS
発電モニタ (送信機)	発電状況を送信	屋外/屋内	—
発電モニタ (表示機)	発電状況を表示	屋内	—
分電盤 (漏電遮断器、配線用遮断器、電流制限器など)	電気を安全に使用するための機器の組み込み	住宅用; 屋内	薄板 (EG?) + 塗装、SUS、樹脂など
売電・買電 電力量計	売電・買電電力量を表示	屋外/屋内	薄板 (EG?) + 塗装、SUS

発電はこの地熱貯留層まで井戸を掘り、熱水や蒸気を汲み出して利用する発電方式である。地熱発電は天候に左右されることなく安定した電力供給が可能であり、設備利用率は70%程度となっている。地熱発電の方式には、フラッシュ方式（蒸気発電方式）とバイナリー方式がある。

(1) フラッシュ方式（蒸気発電方式）

この方式には、シングルフラッシュ発電方式（図8）とダブルフラッシュ発電方式がある。

シングルフラッシュ発電方式は、地熱貯留層から約200～350℃の蒸気と熱水を取り出し、気水分離器で分離した後、その蒸気でタービンを回し発電する方式である。気水分離器で分離された熱水は井戸（還元井）を通して再び地下に戻される。日本の地熱発電所のほとんどがこのシングルフラッシュ発電方式である。ダブルフラッシュ発電方式は、シングルフラッシュ方式で分離した熱水をフラッシャー（低圧気水分離器）に導き再度熱水と蒸気に分離して、蒸気は一次蒸気と一緒にタービンに送り、熱水は還元井へ送られる。

(2) バイナリー方式

バイナリー方式（図9）は、比較的最近実用化された方式で、一般的に80～150℃の中高温熱水や蒸気を熱源として低沸点の媒体を加熱し、蒸発さ

せてタービンを回し発電する方式である。媒体には、ペンタン（沸点36.07℃）やアンモニア（沸点-33.34℃）等の沸点100℃以下の液体が用いられ、タービンを回した後、凝縮器で液化されて反復使用される。熱水と低沸点媒体とがそれぞれ独立した2つの熱循環サイクルを用いて発電を行うことから、バイナリー方式と呼ばれる。

4. 波力発電

(1) 振動水柱型波力発電システム

振動水柱型波力発電システム（Oscillating Water Column：OWC（図10））は、装置内に設けられた空気室における界面の上下動から生じる空気の振動流を用いて、空気タービンを回転させ発電する方式である。海岸に設置する固体構造物型と海上に設置する浮体型がある。

小型（最大出力30～60W）のものでは、益田式航路標識ブイとして1960年代より実用化されており、世界で広く用いられている。

空気タービンは、波により生じる振動流を効率的に変換できるウエルズタービン（図11）が用いられる。ウエルズタービンは往復気流である振動流中でも常に一方に回転することができる特徴がある。

(2) 可動物体型波力発電システム

可動物体型波力発電システムは、波のエネル

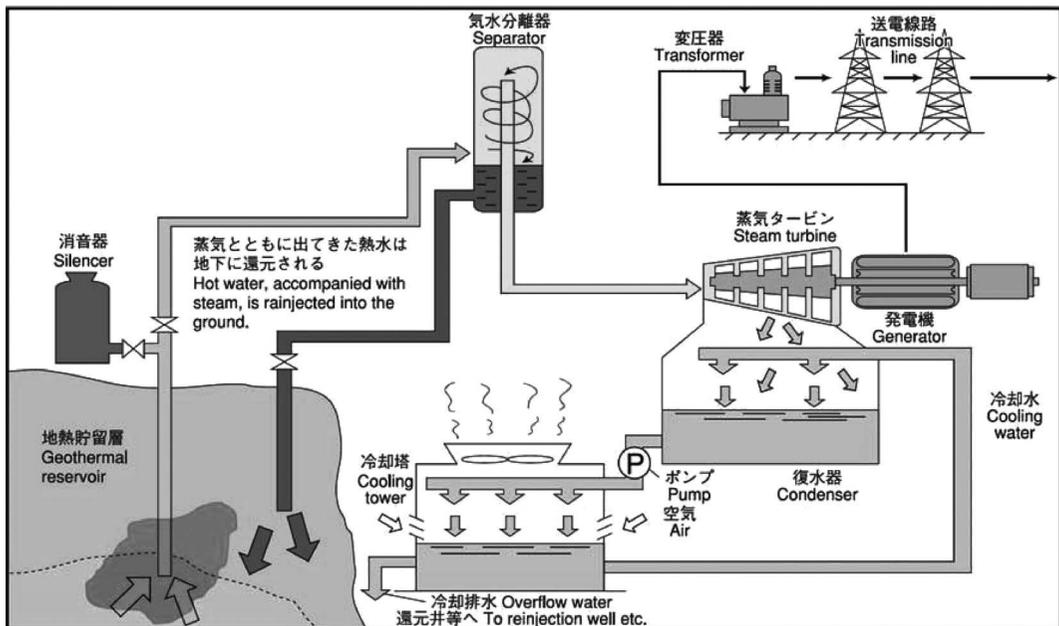


図 8 シングルフラッシュ方式の概念図（出典：NEDO「地熱開発の現状」2008）

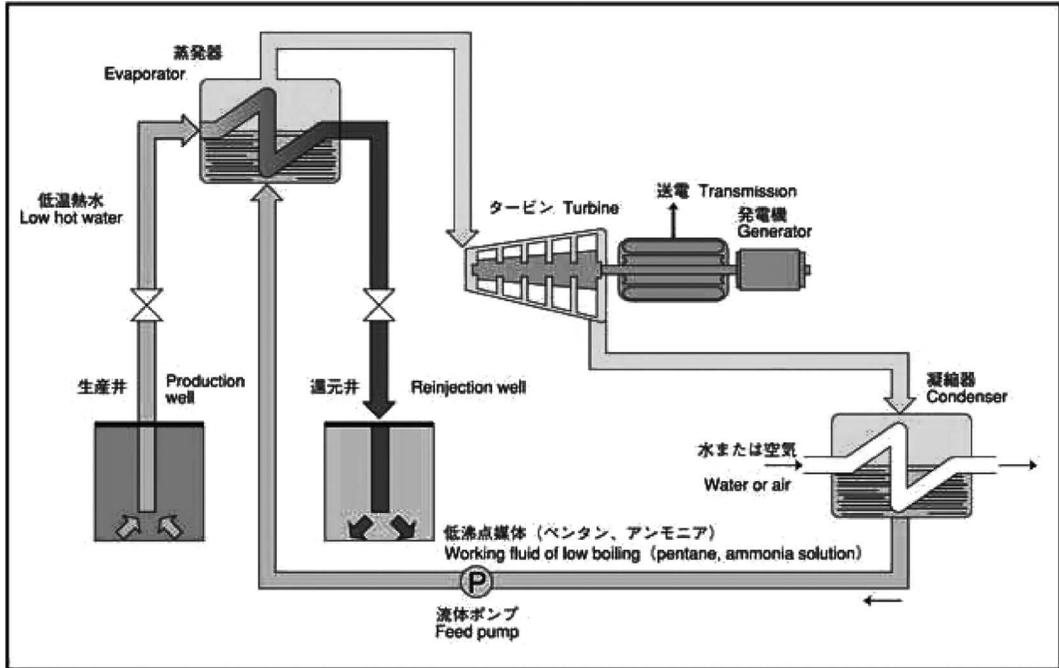


図 9 バイナリー方式の概念図 (出典：NEDO「地熱開発の現状」2008)

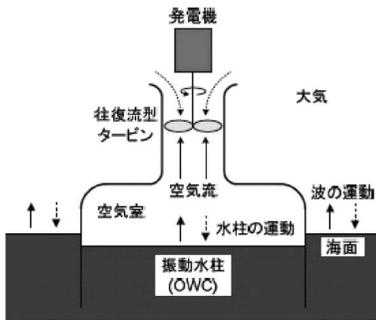


図 10 振動水柱型波力発電システム原理図

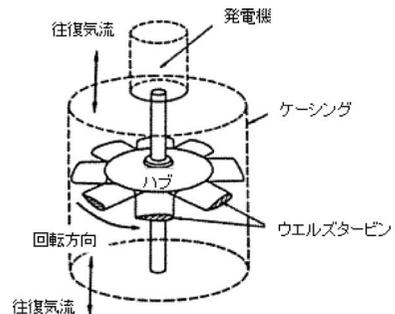


図 11 ウェルズタービン

ギヤを可動物体により機械的な運動エネルギーに変換して、それを動力源として発電するシステムである。

このタイプの波力発電システムには、油圧装置で運動エネルギーに変換して油圧モーターで発電するもの、磁石とコイルを内蔵して直接発電するものなどがある。油圧装置の駆動する仕組みの相違で「アッティネータ式」「ポイントアブソーバー式」といったものがある。

(3) 越波型波力発電システム

越波型波力発電システムは、波を貯水池等に越

波させて貯留し、水面と海面との落差を利用して水車を廻して発電する方式である。沿岸部に建設される固定式(図12)と海上に設置される移動式(図13)がある。

◇ 新エネルギー関連で使用される金属材料

これまで述べてきた各種新エネルギー関連で使用される金属系材料について内容をまとめて示し需要量としての期待度についての評価結果を示す(表3)。

太陽光発電については、発電の拡大には期待が

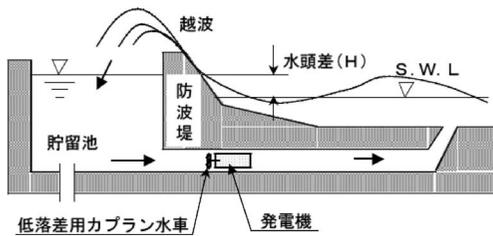


図 12 固定式越波型波力発電システム

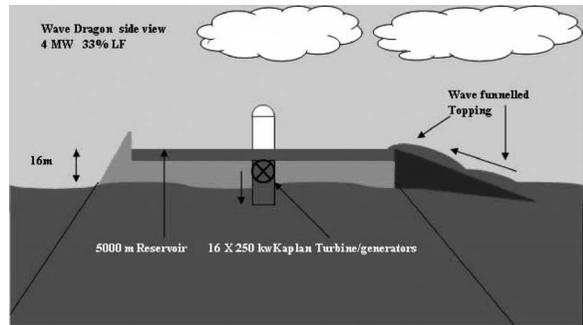


図 13 移動式越波型波力発電システム

表 3 新エネルギー関連で使用される金属系材料と需要量

エネルギー種別	使用金属系材料	想定部品	需要量評価
太陽光発電	普通鋼	架台	○
	ステンレス鋼		△
	アルミ		×～△
風力発電 (陸上)	普通鋼	基礎、ナセル	○
	特殊鋼	各種機構部品	△～○*
風力発電 (洋上)	普通鋼	基礎、浮体、ナセル	○
	特殊鋼	各種機構部品、係留用チェーン	○～◎*
地熱発電	普通鋼	各種配管	△
	特殊鋼	掘削具	×
	ステンレス鋼	各種配管、タービン	△
波力発電**	普通鋼	構造体	○
	特殊鋼	各種機構部品	△

需要量評価：◎=10万トン/年以上、○=1万～10万トン/年、△=1千～1万トン/年、×=1千トン/未満

*部品ベースまたは素材ベースでの国際競争力がある場合

**アッテネータ方式、ポイントアブソーバー方式

持てるものの、金属系材料の使用される部位が少なくその需要には期待が持てない。風力発電装置においては、軸受、増速機、ピッチ制御装置等に多くの特殊鋼大型部品が使用されている。また浮体式洋上風力発電システムにおいては、係留用チェーンの需要も期待できる。地熱発電については、様々な金属系材料が使用されその需要に期待がかかるものの、国内で設置できるプラント数は、それほど大きなものではなく、大きな需要は期待できない。波力発電については、アッテネータ方式やポイントアブソーバー方式の場合は、浮体や波動運動を回転運動等に変換する機構部品等に金属系材料が使用されることから、特殊鋼材料について一定の需要は期待できる。しかし、その実用

化研究の歴史は浅く、実用規模での経済性実現には不確実な要素が多い。

以上の内容を踏まえると、他の素材との代替性や原単位の大きさ、実用化における実績等を勘案すると、**特殊鋼の需要がもっとも期待されるのは風力発電方式である。**

1. 風力発電と特殊鋼需要 (表4)

風力発電については、既に陸上風力発電に10年超の導入実績があり、発電技術面での大きな課題はなく、風況等による立地選択や新規投資における経済性の確保が普及速度のポイントとなる。発電効率の向上のための大型化に対応して金属系材料の多消費型の発電設備であり、増速機やピッチ制御、ヨー駆動等特殊鋼部品が多用されている。

表 4 風力発電向特殊鋼需要のまとめ

	内 容
需要発生想定時期	陸上風力：新買取価格が決定し新規増設計画が顕在化する2014年以降順次 洋上風力：着床式については、新買取価格が決定し新規増設計画が顕在化する2014年以降順次。浮体式については、実証実験等の終了する2016年以降。
電力コスト（2010→2030）	陸上風力：9.9～17.3円/kWh→8.8～17.3/kWh 洋上風力（着床式）：9.4～23.1円/kWh→8.6～23.1/kWh
普及にあたっての留意点	・風況に恵まれた地域が偏在していることから電源線コストの発生や系統強化の追加費用が懸念されている。 ・発電特性上出力変動が想定されるが、その対策としても出力安定化のための蓄電コスト発生の懸念がある。
特殊鋼需要	大型の特殊鋼鋼材を中心に数千トン～数万トン/年

また需要面からも陸上風力だけでも太陽光発電に匹敵するポテンシャル（1.5億kW）を有しており、洋上風力も含めると非常に大きなポテンシャル（0.9億kW）を持っており、今後の動向が注目される。

2. 太陽光発電と特殊鋼需要（表5）

太陽光発電については、その発電方法の特徴から金属系素材の使用量は少なく、金属系材料が使用される架台では、軽量化や耐食性のニーズに加えてコスト面での競合があり、ステンレス鋼の採用は限定的に止まると考えられる。

また需要面からの当面の間は手軽な新エネ

ギーと言うことで、政策面からの普及促進が行われると思われるが、他の新エネルギーの普及や太陽電池の発電効率の向上目標が未達成に終わる場合には、その需要拡大に急ブレーキがかかることも想定される。

3. 地熱発電と特殊鋼需要（表6）

地熱発電については、その発電の安定性、わが国でも40年以上の実績、世界でも有数の地熱保有国と言うこともあり、今後の電源開発に大きな期待が寄せられているが、その開発には10年程度の期間がかかると見られている。

また、金属系材料の使用量については、1基あ

表 5 太陽光発電向特殊鋼需要のまとめ

	内 容
需要発生想定時期	新買取価格が決定する2012年以降順次
電力コスト（2010→2030）	住宅用太陽光発電：33.4～38.3円/kWh→9.9～20.0円/kWh ¹ メガソーラー：30.1～45.8円/kWh→12.1～26.4円/kWh
普及にあたっての留意点	・配電系等の安定化対策のための追加投資の懸念 ・量産効果などによる大幅な価格低下の実現性。特に架台コストの低減が困難で家庭用については架台レス指向か。
特殊鋼需要	ステンレス鋼を中心に1,000～10,000トン/年のレベル

表 6 地熱発電向特殊鋼需要まとめ

	内 容
需要発生想定時期	新買取価格が決定して、環境アセスメントや設計・建設等の準備期間を経て2010年代後半より本格化
電力コスト（2010→2030）	9.2～11.6円/kWh→9.2～11.6円/kWh
普及にあたっての留意点	・国立公園隣接地や公園内での開発規制に対する緩和措置の実現や内容次第で普及の速度が左右される ・地元・近隣の温泉関連事業者の理解や自然保護団体の動向
特殊鋼需要	特殊鋼・ステンレス鋼を合わせて1,000～10,000トン/年のレベル

たり千トンレベルの需要が期待されるが、新規プラントとしてはせいぜい数十基程度とみられるため大きな特殊鋼需要は期待できない。

4. 波力発電と特殊鋼需要（表7）

波力発電については、越波式や様々な機械式（アッテネータ方式、ポイントアップソーバー方式等）の開発が検討されており、どの方式が本命と

なるか不明であるため現時点での需要の予測は困難である。しかし、日本近海は海洋エネルギーの宝庫であり、実用化技術が確立されれば導入が急速に進む可能性もある。開発中の様々な方式の中でアッテネータ方式、ポイントアップソーバー方式のいずれかが実用化された場合は、数千トンの特殊鋼需要が期待できる。

表 7 波力発電向特殊鋼需要

	内 容
需要発生想定時期	実証実験等の終了する2017年以降
電力コスト（2010→2030）	—
普及にあたっての留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・様々な発電方法が検討されている段階であり、現時点では実用化は不透明である。 ・日本での研究開発の遅れ
特殊鋼需要	特殊鋼・ステンレス鋼を合わせて1,000～10,000トン／年のレベル（アッテネータ方式、ポイントアップソーバー方式が普及した場合）



2. 風力発電に対する振興政策の状況について

経済産業省 資源エネルギー庁 ぼったい たか ひろ 堀田井 孝 弘

まえがき

我が国は、エネルギー源の中心となっている化石燃料に乏しく、その太宗を海外から輸入に頼るという根本的な脆弱性を抱えている。また、エネルギーの安定的な確保は、国の安全保障にとって必要不可欠であるが、国際的な地学的構造の大きな変化の中、当該環境は厳しさを増してきている。

また、2011.3.11 東日本大震災以降、エネルギーを巡る環境は、大きな転換期を迎える中、新たなエネルギー政策の方向性を示すものとして、平成26年4月11日に新しいエネルギー基本計画を閣議決定した。

その中で再生可能エネルギーについては、温室効果ガスを排出せず、国内で生産できることから、エネルギー安全保障にも寄与できる有望かつ多様で、重要な低炭素の国産エネルギー源であると位置付けられており、政策の方向性としては、2013年度から3年程度、導入を最大限加速していき、その後も積極的に推進していくこととしている。

再生可能エネルギーとは、太陽光、風力、水力、地熱、太陽熱、大気中の熱その他の自然界に存する熱、バイオマスをさすが、我が国の発電電力量

のうち、再生可能エネルギーが占める割合は約1割（図1 我が国の発電電力量の構成）であり、そのうち風力発電については、0.3%程度となっている。風力発電の導入量は、1990年代後半から急速に導入が進み、2012年度末時点で総設備容量が264万kW、総設置基数が1,913基となっており、これは総設備容量として世界の導入量の0.9%を占め、世界第13位に位置している。ここ数年の伸び率は3～5%であり環境アセスメント、系統連系の問題から小さくなっている。

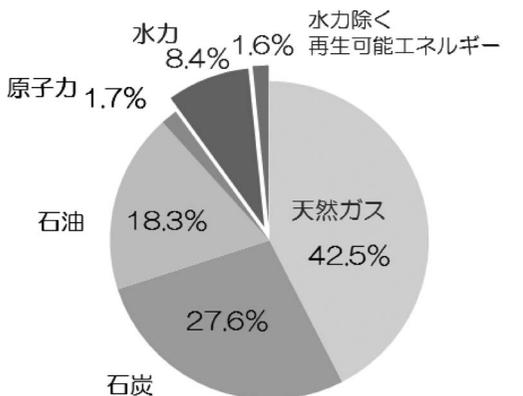
◇ 風力発電の特色と課題

風力発電は、大規模に開発した場合、そのコストが火力、水力等と比較しても遜色のない水準にある（図2 再生可能エネルギーのコスト）。このように相対的にコストが低く、スケールメリットの働きやすい風力発電は、今後の再生可能エネルギー導入拡大のカギを握っている。

風力発電の形態には、大きく分けて陸上風力と洋上風力がある。

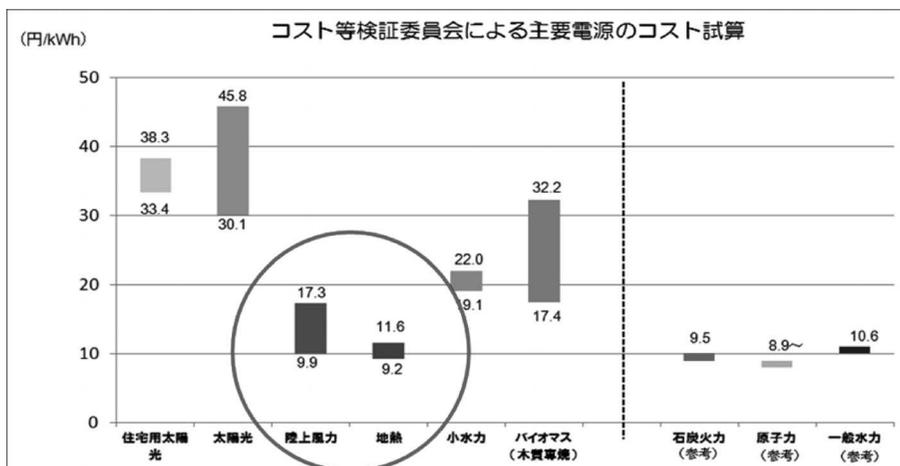
陸上風力については、建設から運転保守までの一連の取組が確立されており、事業化が進んでいるものの、小規模な風力発電所が圧倒的に多く、スケールメリットを生かし切れず、日本独自の風況などの影響でメンテナンス費用が想定を上回る事例などもある。大型ウィンドファームを進めるためには、まとまった立地条件が必要であり、規制緩和と系統整備が必要である。また、平野部における陸上風力の適地が減少傾向にあり、山間部ではアクセス整備に費用がかかるなど、今後の風力発電には、長い海岸線の特徴を活かした着床式、浮体式の洋上風力発電に期待が高まっている。

洋上風力は、現状ではコストはまだ高いが、洋上における風力エネルギーの賦存量は、陸上を上回るほどのポテンシャルをもっている。ただし、事業化に向けては動き始めた段階であり、国による実証事業や技術開発などを踏まえ、導入拡大を



(出典) 電気事業連合会「電源別発電電力量構成比」

図 1 我が国の発電電力量の構成 (2012年度)



出典:コスト等検証委員会

図 2 再生可能エネルギーのコスト比較

図っている。

風力発電を設置するに当たっては、落雷対策、風況予測・制御、資機材や建設重機等の搬入路、電力系統、設置場所の土地利用状況による規制、地域住民等のコンセンサスなどの課題がある。

また、2012年10月からは、1万kW以上のすべての風力発電所の設置等には、環境影響評価法に基づく環境影響評価手続が義務付けられた。この環境影響評価手続には、通常3、4年程度の期間がかかるが、手続の長期化は、市場関係の変化、規制・制度の変化、地権者との協議の難化、事業者の費用負担の増加など、事業実施に当たってのリスクを増大させることから、その迅速化を図ることも風力発電の導入拡大を進める上で重要となっている。

これらの課題に対応するため、経済産業省では、各種の取組を行っており、本稿においては、平成26年度から新たな取組を開始する環境影響評価手続の迅速化を主に紹介する。

◇ 風力・地熱発電に係る環境影響評価の迅速化

1. 前倒環境調査の取組の背景

政府は、再生可能エネルギーの徹底活用を図るため、「日本再興戦略」(平成25年6月閣議決定)において、風力発電と地熱発電について、「3、4年程度かかるとされる手続期間の半減を目指す」

ことを目標とした。

この目標の達成のための取組のひとつとして、経済産業省では、通常「方法書手続」において調査の対象や方法が確定した後に行われる調査・予測・評価を、「配慮書手続」や「方法書手続」に先行して、あるいは同時並行で進めること(以下「前倒環境調査」という。)が、環境影響評価にかかる期間の短縮に有効と考え、その前倒環境調査の方法論を確立するための実証事業を、環境省と連携し、平成26年度から集中的に実施することとしている。

この実証事業を行うに先立ち、学識経験者等による研究会(風力・地熱発電に係る環境影響評価手続の迅速化等に関する研究会)が立ち上がり、前倒環境調査に係る様々な論点についての考え方が整理された。

2. 前倒環境調査の論点

前倒環境調査は、単に事業開始の迅速化のためだけに行われるものではなく、事業計画の早期の段階から環境への影響を考慮し、環境保全の観点からもより適切な事業計画とすることにも資する取組である。なお、環境影響評価法では、事業者が方法書手続終了前に必要な調査を行うことや、地域の既存情報を活用して環境影響評価を行うことについて、何らかの制限を課しているわけではなく、前倒環境調査を行ったとしても、その調査が適切に行われていれば環境影響評価制度上問題はない。

前倒環境調査を行うに当たっての課題は、「手戻りリスクの増加」、「地域等の誤解・不安発生リスクの増加」が考えられる。これらの課題に適切に対応できるよう実証事業により前倒環境調査の方法論を確立していく必要がある。

研究会では、この方法論の確立のため、前倒環境調査実施の方向性について、主に以下の3点について検討した。

(1) 前倒環境調査実施における環境影響評価の各段階における方向性の検討

前倒環境調査であっても、項目及び手法の選定においては、通常と同様に発電所アセス省令で定められた枠組みに従う必要があり、予測等の不確実性に対応するため、事後的な対応についても検討する必要がある。

調査計画の策定に当たっては、前倒の効果、費用負担増加の程度等を総合的に考慮するとともに、専門家等からの意見聴取、地域とのコミュニケーションを丁寧に行う必要がある。また、前倒環境調査の結果を配慮書手続や方法書手続に活用することも検討が求められる。

なお、前倒環境調査を実施した際の方法書手続において、追加的な現況調査を実施すべきとの指摘があった場合の対応についても、調査実施や事後的な対応を検討する必要がある。

(2) 前倒環境調査への国や地方公共団体の関与
 国（経済産業省及び環境省）は、事業者の事前相談等に対して、真摯かつ建設的に対応するとともに、地方公共団体に対して、前倒環境調査の意

義を説明し、地方公共団体の関与を促す必要がある。また、審査段階において事業者意見に意見を述べる場合は、その対応方針についての助言を行うことも期待される。

地方公共団体においても、上記の国の関与と同様の対応が期待されるほか、地方公共団体が保有する地域固有の環境情報、ステークホルダーの情報、有識者の情報などの提供については期待する役割が大きい。

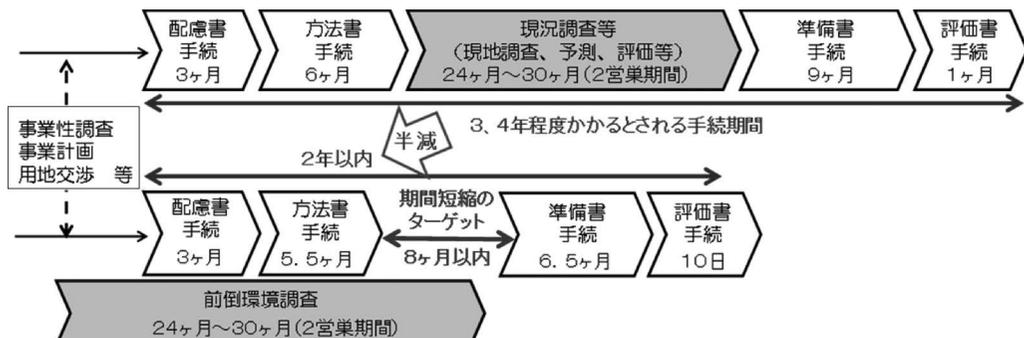
(3) 事業者の役割

事業者は、環境影響評価に真摯かつ積極的に取り組むとともに、地域との共存をこれまで以上に意識することも重要である。また、環境影響評価手続の目的を共有し、行政への積極的な情報提供などにより、制度に対してより積極的な役割を担うことが期待される。

3. 前倒環境調査に関する実証事業の進め方

政府の「手続期間の半減」という目標達成のためには、これまで国が行ってきた取組に加えて、前倒環境調査により、方法書手続から準備書手続までの期間を「8ヶ月以内」とすることが必要であり、これを実証事業の成果目標とする（図3 環境アセス半減工程のイメージ）。

実証事業においては、前倒環境調査の各段階における具体的な対応の方策について検証を行うことが妥当である。また、実証事業において問題が生じた場合には、その問題が生じた理由の分析や対応策の検証などを状況や必要性に応じて柔軟に行うべきである。



注1)「手続期間」とは、図書に係る手続期間へ、「方法書」に係る経済産業大臣の通知又は勧告から「準備書」の届出までの期間を加えたものとした。
 注2)図書に係る手続期間とは、電気事業法施行規則及び環境影響評価法施行令に規定される処理期間から、配慮書の届出から評価書の確定通知(又は変更命令)までとした。半減工程では、国の審査期間の短縮目標を概ね含めた期間を想定。ただし、事業者の図書の作成期間や自治体の審査期間の短縮は含めていない。
 注3)現況調査等(前倒環境調査同)の期間は、2営業期間の猛禽類調査が必要となる場合は「24~30ヶ月」、その他の場合は「18ヶ月」を想定。なお、当該期間には準備書の作成期間を含む。

図 3 環境アセス半減工程のイメージ

4. 実証事業の成果の活用

実証事業で得られた成果の活用の具体的な内容については、以下のような方向性が考えられる。

- ①前倒環境調査に明確な位置づけを与える。
- ②実証事業の成果等を活用し、行政の参照資料の充実化を図る。
- ③事業者が参照できるような参考事例集を作成する。
- ④実証事業を通じて得られた環境情報等について、環境省と共同し、データベースとして活用する。
- ⑤実証事業において、調査・予測・評価の手法に係る新たな技術が活用される場合には、当該技術の検証の機会としても活用する。

上記の成果が活用されることにより、風力発電の環境影響評価手続が迅速化され、再生可能エネルギーの導入が促進されるとともに、環境に配慮し、地域と共存した風力・地熱発電所の設置が促進されることが期待される。また、中長期的には、環境影響評価の対象とするべき事項の重点化や、以降のプロセスの合理化等、また、環境情報の収集・提供に関するこれまで以上の取組の実施についても考え方を整理することが必要と考えられる。

◇ 技術開発による導入促進

風力発電の導入促進のためには、建設費や運転維持費を抑え、効率的な事業運営を行うことが重要である。風車の信頼性のみならず、発電効率の向上、メンテナンスの高度化などの技術開発による一層の発電コストの低減が求められている。

また、洋上風力発電の国内外の市場の拡大をにらんで、産業競争力の強化が重要な課題である。そのため、我が国特有の気象・海象条件に適した洋上風力発電システムの確立や大型洋上風車などの研究開発が必要である。

これらの課題に対応するため、経済産業省では、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）を通じて、各種技術研究開発事業を実施している。

平成25年度からは、NEDOにおいて風力発電高度実用化研究開発を実施している。

その中で、風車部品高度実用化開発として、諸外国に比べ低い水準にある風力発電の設備利用率を向上させ、発電コストを低減するため、発電機やブレード等の主要コンポーネントの性能、信頼性やメンテナンス性向上に関する実用化開発を素材レベルから一体的に実施し、風車の総合効率の向上を図ることとしている。

また、過去に設置された風車は、点検作業が多いことや目視では判断できない部品の劣化や小さな動作不良から生じる故障が、稼働率低下やメンテナンスコスト増加の要因となっていることから、風力発電所の稼働率向上とO&Mコスト削減を目指すことを目的として、各電送・機械装置にセンサーを設置し、状態監視による効率的メンテナンスや疲労予測による信頼性の高いメンテナンス診断等、低コストでスマートなメンテナンスシステムを実証試験を通して開発することとしている（図4 スマートメンテナンス技術研究開発の概要）。

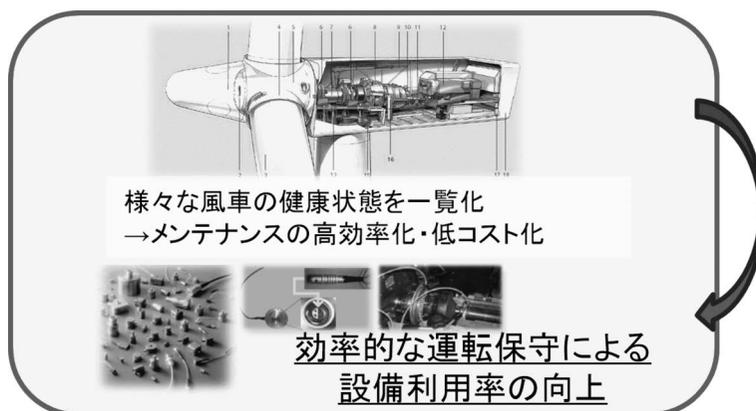


図 4 スマートメンテナンス技術研究開発の概要



図 5 2MWダウンウインド型浮体式洋上風力発電設備「ふくしま未来」(左)
浮体式洋上サブステーション「ふくしま絆」(右)

洋上風力発電等技術研究開発として、2008年から実施可能性調査、洋上風況観測及び洋上風力発電システムの実証試験を実施しており、2013年3月には銚子沖で2.4MWの着床式の洋上風力が運転開始し、同年6月には北九州で2MWの着床式の洋上風力が運転開始し、現在、稼働状況、発電量等の性能評価、経済性評価、生態系への影響評価、運転保守方法等についての実証試験を行っている。

浮体式の洋上風力発電については、世界的に実証研究の段階であり、実用化に向けて、技術的、コスト面等の課題を克服しなければならない。そのような状況の中、2013年10月、長崎県五島列島の杓島で、同年11月、福島県の沖合で浮体式洋上風力（図5 2MWダウンウインド型浮体式洋上風力発電設備「ふくしま未来」、浮体式洋上サブステーション「ふくしま絆」）が運転開始され、まさしく、昨年は、洋上風力の元年の年でもあった。

福島沖での浮体式洋上風力の実証研究プロジェクトは、浮体式の分野ではまだ世界に例を見ない、浮体式洋上ウインドファームの実現を目指すものである。世界一の大型次世代機や、メガフロートで実績もある浮体技術など、日本にしかない最先端の技術を結集し、日本が浮体式の分野で一気に世界をリードすることを目指すとともに、福島県が「再生可能エネルギーの先駆けの地」として更なる復興を加速していくためにも支援していきたい。

むすび

経済産業省では引き続きこれらの事業を着実に推進し、その成果が適切に活用されることを期待するとともに、新たな課題とその対策についても検証を続け、さらなる風力発電の導入推進に努めていくこととする。

3. 風力発電の将来展望と技術開発動向

(一社)日本風力発電協会 かいづのぶひろ
情報技術局 情報技術局長 海津信廣

まえがき

東日本大震災以降、再生可能エネルギーに大きな期待が寄せられている。風力発電は大規模に開発された場合、発電コストは日本でも火力・水力等と比べて遜色ないレベルとなることが見込まれており、風力発電は導入ポテンシャルの多さや経済性から、再生可能エネルギーの導入拡大において重要な電源と位置付けられている。

本稿では、現在の普及状況、風力発電を取り巻く環境および今後の展望について述べる。

◇ 現在の普及状況

1. 風力発電の導入実績

風力発電の導入実績を図1に示す。日本では、出力40kWの風力発電機が1980年に設置されてから風車の単機およびウインドファーム(WF)の容量は年々大型化し、現在では単機容量3,000kW機26基、設備容量7.8万kWの新出雲風力発電所が国内最大となっている(世界最大のWFは132万kW)。

風力発電の導入拡大施策として、①補助金(1997年～2011年)、②一定量の再生可能エネルギー電気の調達を義務付ける制度(2003年～2012年)、③固定価格での購入を義務付ける制度(2012年～)による支援が実施されて風力発電の導入量は増加してきており、導入量は図1に示すように2013年度末で271万kW、1,935基である(推定値)。世界全体の2013年末の導入量は3.18億kWであり、日本はその0.9%を占め18位である。

ここ数年、単年度の導入量は10万kW以下で頭打ちとなっている。これは、固定価格買取制度への移行を前提に、補助金による支援が2010年度で終了したこと、2012年10月より環境影響評価法に基づく環境アセスメント(法アセス)が義務付けられ、環境アセスメント手続きに3～4年を要するようになったこと等が影響していると考えられ

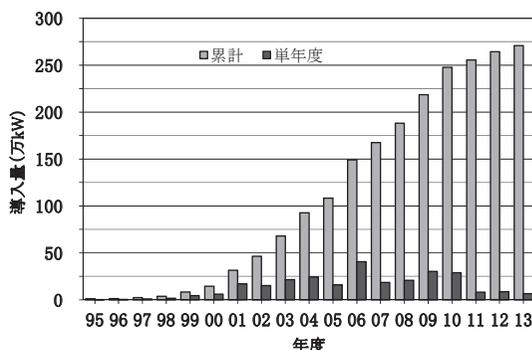


図 1 日本の風力発電導入量(日本風力発電協会)

る(自主アセスでは1年程度)。

風力発電の設備容量(kW)は、日本全体の電力設備容量に対して0.9%、発電電力量(kWh)については0.5%である。この値0.5%は、風力発電の先行諸国の導入実績(2013年)¹⁾、デンマーク33%、ポルトガル27%、スペイン21%、ドイツ12%、イギリス8%、米国4%、世界平均4%と比べて一桁少なく、今後、風力発電が導入される余地が大きいことがわかる。

2. 風車の構造と市場規模

風車の構造を図2に示す。現在の典型的な大型風車は、3枚のブレード、発電機などの機器を格納するナセル、ナセルを支えるタワーと基礎、変圧器等で構成されている。2,000kW級の風車は、地上からナセルまでの高さは60～100mあり、ブレード先端の最高到達位置は100～150mに達する。ナセル部の重量で約100トン、ブレードとタワーを含めた全体重量は約300トンとなる。ブレード約20トンはGFRP(ガラス繊維強化プラスチック)であり、その他の約280トンは鋼材である。

ナセル内部には、ブレード・主軸の回転を支える軸受、ブレードの回転数を増速するギヤボックス(増速機)、回転エネルギーを電気に変換する発電機、各種制御機器などが設置される。風車の構成部品数は1～2万点と言われており、自動車に

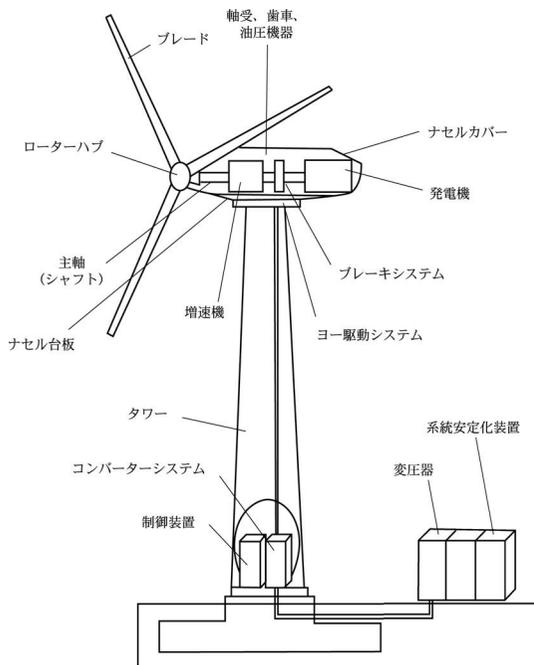


図 2 風力発電システムの機器構成例²⁾

匹敵する組立産業の形成に期待が集まっている。

日本の風車および部品メーカー68社の調査結果²⁾によると、2012年度の風力関連産業に携わっている従業員数は約3,300人、国内での売上高は約1,040億円となっている。風車・部品メーカーから孫部品や素材への波及、メンテナンスや土木・建築工事まで含めると、大きな市場となることが期待される。

◇ 風力発電を取り巻く環境

エネルギー基本計画（2014年4月）³⁾には、2013年から3年程度、再生可能エネルギーの導入を最大限加速させていき、その後も積極的に推進していくこと、系統強化、規制の合理化、低コスト化、洋上風力開発等の研究開発を着実に進めることが言及されている。

1. 固定価格買取制度

固定価格買取制度は、再生可能エネルギーで発電された電気を、その地域の電力会社が一定価格で買い取る制度であり、買い取る費用を電気の利用者全員から賦課金という形で集める。

発電事業は、当初に多額の建設コストが必要となるため、固定価格買取制度は、長期にわたる安

定的なコスト回収の保証による再生可能エネルギー発電への投資拡大を狙いとしている。

この制度は、2012年7月から始まり、風力発電の買取価格⁴⁾は、表1に示すように、陸上風力では22円/kWh（税抜）と設定されている。買取価格は毎年見直しが行われるが、風力発電においては制度の適用を受けて運転開始した新規案件が10件程度であり、これらの案件の資本費が当初の想定とほぼ同水準であったことなどから、2013年度、2014年度の価格は据え置きとなっている。

2014年1月末現在、設備認定を取得した出力20kW以上の開発案件が93件、設備容量で97万kWあり、今後はこれらの案件が順次運転開始していく見込みである。

洋上風力については、2014年4月より新たな買取価格36円/kWh（税抜）が設定された。洋上の場合、気象・海象による作業への制約、アクセスの困難性、特殊な作業船の使用、海底送電線などから、資本費、運転維持費ともに陸上よりコスト高となっている。

一方、洋上は陸域に比べて風が強く安定しており、年間平均風速7.0m/s程度以上が見込まれるため、風速の3乗に比例する発電電力量が大きくなるメリットがある。設備利用率（実際の発電電力量／定格出力でフル稼働した場合の発電電力量）は日本でも陸上平均の1.5倍程度が見込まれる。買取価格が設定されたことで洋上への導入拡大が期待される。

表 1 風力発電の買取価格（2014年度）⁴⁾

項目	単位	陸上風力 20kW以上	洋上風力	
買取価格（税抜）	円/kWh	22	36	
買取期間	年間	20	20	
価格算定条件	資本費	万円/kW	30	56.5
	運転維持費	万円/kW/年	0.6	2.25
	IRR	%	8	10
	風速	m/s	6	-
設備利用率	%	20	30	

- ・陸上風力20kW未満の買取価格は55円/kWh（税抜）
- ・洋上風力は建設及び運転保守のいずれの場合にも船舶等によるアクセスを必要とするもの
- ・洋上風力の価格算定条件は商用実績のある安価な基礎構造（モノパイル+2MW級の風車で採用）を想定

2. 電力系統への接続容量拡大

陸上風力のポテンシャルと電力会社発電設備容量の関係を図3に示す。陸上風力のポテンシャルは、標高や傾斜地等の自然条件、国立公園や保安林、人口密集地などの社会的条件を考慮するとともに、80m高さで年間平均風速6.0m/s以上が見込まれる地域での発電設備容量（kW）を推定したものである⁵⁾。各地域のポテンシャルが全体に占める割合は、北海道48%、東北26%であり、風力発電の適地がこれらの地域に集中している。

一方で、発電した電力は送電線に接続する必要があるが、電力会社の現状の発電設備容量（送電可能な設備容量）は、北海道・東北では風力のポテンシャルを大きく下回っており、風力エネルギーを十分に活用しにくい状況となっている。このため北海道・東北電力では、これまで系統への連系可能量に制限が設けられてきた。

北海道・東北の風力最適地での発電事業拡大のためには、送電線の整備・増強が不可欠である。そこで、これらの地域を「特定風力集中整備地区」として、風力発電事業者が進める送電線の整備・実証事業に国が費用の1/2を補助する制度が創設された。2013年度は2件が採択されている。

北海道・東北で発電した電力を関東の大消費地に送電するために、北海道と本州を結ぶ北本連系線等の送電線の増強も求められる。風力発電の連系可能量を設定していない東京・中部・関西電力管内の需要の変動性に対応する調整力を活用することにより、更なる導入拡大も期待される。

また、天候によって出力が変動する風力発電が大量に電力系統に接続された場合、電力の安定供

給に影響を及ぼす可能性がある。そこで出力変動のある再生可能エネルギーの導入拡大に向けて、周波数変動を広域で調整する仕組みづくりや地域間連系線の整備に取り組むため、「広域的運営推進機関」の新規設立が決まり、設立準備組合が2014年1月に発足した。現在、全国規模での電力需給を把握するシステムが、2016年4月運用開始を目指して開発されている。風力発電の出力変動に対応した需給制御システムを確立するために、経済産業省と新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）が気象予測を元に自然変動電源の出力を予測・制御・運用する技術の開発に取り組んでいる。

3. 環境アセスメントの迅速化

これまで風力発電の環境アセスメントは、NEDOのマニュアル等に基づき事業者が自主的に実施してきた。しかし、風力発電施設の大規模化に伴い、法律に基づく透明性の高い環境アセスメントによる環境と調和した健全な立地の促進を目指して、2012年10月から風力発電が環境影響評価法の対象事業に追加された。出力7,500kW以上は法に基づく環境アセスメント手続きが必要となった。

経済産業省では、風力発電の導入を加速化するため、手続き期間の半減を目指して2014年度から実証事業を実施する。これは、環境アセスメントの手続きにおける環境調査を前倒して実施し、他のプロセスと同時並行で進めるものである。

また、環境省では、環境アセスメントに活用できる環境基礎情報（貴重な動植物の生息・生育状況等）のデータベース化およびその提供を行うため、2012年度よりモデル事業を実施している。この事業は、環境影響評価を効率的に実施できる条件整備を行い、風力発電等の早期大規模導入に資することを目指している。

4. 規制の緩和

風力発電事業の適地は風況等によって限定されるため、農用地での計画とならざるを得ない場合がある。これまでは、農地を農業以外の目的で利用するために行う農地転用は規制されてきたが、農用地区域以外に代替すべき土地がないこと、農業上の利用に支障がないこと等の条件を満たす場合には、第1種農地であっても農地転用不許可の例外とすることが認められ、2014年5月より施行されている。

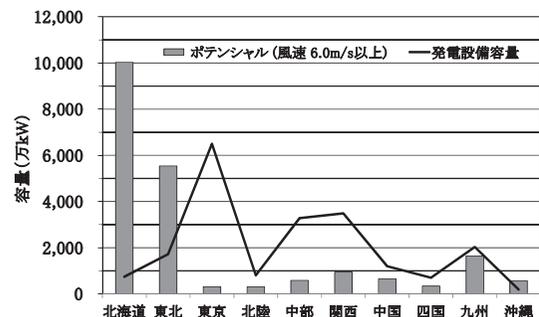


図 3 陸上風力ポテンシャルと電力会社発電設備容量 (2010年度)⁵⁾

◇ 今後の展望と技術開発動向

1. 導入目標

エネルギー基本計画では、再生可能エネルギーの導入目標について「これまでのエネルギー基本計画を踏まえて示した水準をさらに上回る水準の導入を目指す」としている。

導入目標については日本風力発電協会で公表しており、2020年では1,100万kW以上、2030年では2,800万kW以上の発電設備容量を目標としている。

2014年4月末時点で法に基づく環境アセスメント手続きを実施中の7,500kW以上の案件は約90件あり、発電設備容量の合計は約400万kWとなっている⁶⁾。今後これらの案件が順次建設されていくとともに、洋上風力の買取価格が設定されたことなどを考慮すると、風力発電の導入が加速していくと予想される。

2. 洋上風力の技術開発動向

洋上風力は、風況が良好なため設備利用率が高く、広大な面積で大規模開発が可能、民家から離れており騒音、景観への影響が小さい、等の利点がある。洋上風力発電の導入は、陸上風力の適地が北海道、東北、九州に集中する我が国においては、再生可能エネルギーの導入拡大を図る上で不可欠となっている。

一方、日本には台風や冬季雷、地震・津波など欧州とは異なる厳しい自然条件が存在する。また、洋上では風車設置やメンテナンスにコストがかさむため、風車の性能向上や大型化（5MW以上）によるコスト低減が必要であること、アクセスの難しさから故障率の低減も求められることから、これらの課題解決に向けて技術開発が進められている。

洋上風力の形式には、実用化済の着床式（風車を海底に固定して設置する方式、水深50～60m程度まで）と、研究開発中の浮体式（浮体施設をチェーン等で海底に係留して設置する方式）がある。

着床式の洋上風力については、表2に示すように日本でも沿岸に近い海域での設置実績は増えてきている。沿岸から離れた場所での洋上風力については、日本の自然条件に適した日本型洋上風力発電システムの開発等を目指して、国・NEDOが

銚子沖と北九州市沖の2箇所を実証事業を行っている。現在、実証機の設置が完了し、基礎的なデータの一部が得られつつあり、民間によるウインドファーム事業化計画も徐々に動き出している。

風車の大型化では、国内企業により5,000kWと7,000kWの風車の開発が進められている。前者は茨城県鹿島沖の商業案件、後者は福島の浮体式洋上風力への設置が予定されている。さらに、今後大型化（10MW級）する風車の主要部品やコンポーネント、設備利用率を向上するメンテナンス技術、風車の故障や大型軸受他の主要部品の寿命等を把握するモニタリング技術等の実用化に向けて、NEDOが研究開発を進めている。

浮体式は、水深の自由度が上がるため立地制約が着床式と比べて少ないことが大きな魅力であり、表2に示すように、世界初となる本格的浮体式洋上風力の事業化を視野に長崎県五島沖と福島県沖で実証事業が開始された。2013年度には両地点で2,000kW風車が運転開始し、福島県沖では2015年度までに更に7,000kW風車2基が運転開始する予定である。

福島県沖における実証事業では、世界最大級の7,000kW風車を搭載したセミサブ浮体や世界初の25MVA浮体式洋上変電設備および66kVの大容量ライザーケーブルの開発を行い、浮体式洋上風力発電の事業性を検証するとともに、複数タイプの風車と浮体を用いることにより、各種の浮体式洋上風力発電システムの特性を明らかにする⁷⁾。この分野の技術の標準化（IEC-61400-3-2）でも日本が主導的な立場を確保することが期待される。

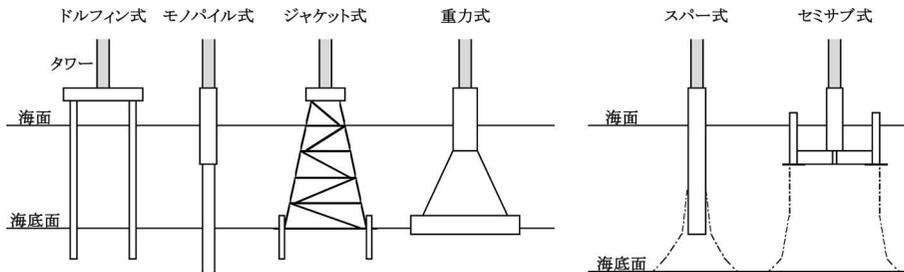
むすび

風力発電は、その導入ポテンシャルの多さや経済性から、最も導入が期待される再生可能エネルギーとして位置付けられている。導入の拡大にあたっては、適正な買取価格の維持と併せて、電力システム改革に沿った系統の広域的運営の実現や優先接続・優先給電の推進、系統の増強・整備、さらには風力発電事業の特性に即した環境アセスメント手法の合理化、関連法規制の緩和等、更なる取組が望まれる。

また、洋上風力については、欧州と比べ実績・経験が少ないことから、洋上風力への投資を拡大

表 2 洋上風力発電の実績と計画⁶⁾

形式	設置(計画)海域	区分	運開年月	施設規模(MW)	定格出力(kW)×基数	水深(m)	離岸距離(km)	支持構造物 浮体構造物
着床式	山形県酒田港	売電事業	2004.1	10	2,000×5	4	護岸近傍	ドルフィン
	北海道瀬棚港	売電事業	2004.4	1.2	600×2	13	0.7	ドルフィン
	茨城県鹿島港沿岸	売電事業	2010.2	14	2,000×7	平均3.6	0.04~0.05	モノパイル
		売電事業	2013.2	16	2,000×8	3.0~3.5	0.04~0.05	モノパイル
	千葉県銚子沖	実証事業	2013.3	2.4	2,400×1	12	3.1	重力
	福岡県北九州市沖		2013.6	2	2,000×1	14	1.4	重力・ジャケット
	茨城県鹿島港	計画中	—	250	5,000×50	6~18	0.6~1.6	モノパイル
	山口県下関市安岡沖	アクセス 手続中	—	最大60	3,000~4,000 ×15~20	10~20	—	—
	北海道石狩湾新港		—	最大100	2,500×最大40	—	—	—
青森県むつ小川原港	—		最大80	2,500~5,000 ×28~32	—	約1~2	—	
浮体式	長崎県五島杵島沖	実証事業	2013.10	2	2,000×1	100	1	スパー
	福島県沖		2013.11	2	2,000×1	120	20	セミサブ
			—	14	7,000×2	120	20	セミサブ・スパー



するためには、インフラ整備や人材育成、債務保証、リスク評価基準等の事業環境を整えることにより、リスクを排除し事業予見性を高める施策が不可欠であり、今後の強力な支援策が望まれる。

参考文献

1) BTM/Navigant, World Market Update 2013, (2014.4)
 2) (一社) 日本産業機械工業会：風力発電関連機器産業に関する調査研究報告書、(2014)

3) 資源エネルギー庁：エネルギー基本計画、(2014.4.11)
 4) 調達価格等算定委員会：平成26年度調達価格及び調達期間に関する意見、(2014.3.7)
 5) 環境省：平成22年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書、(2011.4)
 6) 環境省：環境影響評価情報支援ネットワーク他
 7) 福島洋上風力コンソーシアム：福島復興浮体式洋上ウインドファーム実証研究事業パンフレット、(2014.3.4)
 8) 経済産業省：平成26年度資源・エネルギー関係予算の概要、(2014.3.26)

Ⅱ．風力発電と特殊鋼

1．増速機

（株）石橋製作所 製造本部 いさ やま かつ み
生産技術 部 課 山 勝 己

まえがき

当社・株式会社石橋製作所は、歯車装置を設計・製作・販売するメーカーである。

1932年（昭和7年）に、鍛造専門工場として設立され、その後、一般産業用減速機の製作へ事業展開を行い、現在の礎を築いた。

1998年（平成10年）に風力発電用増速機の製作を開始、現在では3,000台以上の実績を持っており、国内の風力発電用増速機分野に限ればトップ企業である。図1に当社製増速機の外観写真を示す。

本篇では、風力発電用増速機の製造メーカーとしての立場から、増速機の簡単な説明・技術開発動向・特殊鋼の用途・今後の特殊鋼への要求事項等について、述べる。

◇ 風力発電における増速機の役割

風力発電用増速機は、タワー頂上にあるナセルと呼ばれる箱型構造物の中に在り、翼（ブレード）と発電機の中に配置される。図2に概略を示す。

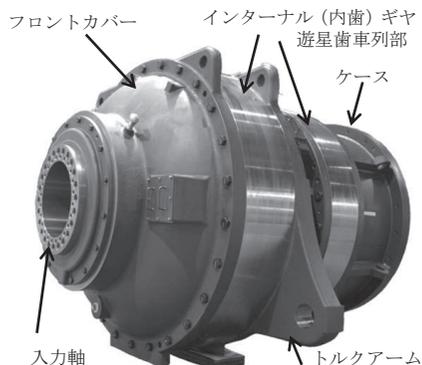


図 1 石橋製作所製 増速機

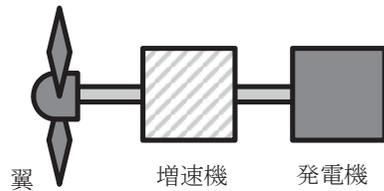


図 2 ナセル内構成の略図

翼部分が風を受けて、軸は12～18rpm程度で回転するが、発電機の定格回転数まで回転数を増やす（増速する）必要があり、この役目を増速機が担っている。この場合、約100倍程度の増速比率となる。但し、同期発電機の様に増速する必要のない、従って増速機を必要としないタイプも在る。

商業用風力発電装置は大型設備であり、2MW級の例では、地上からナセルまでの高さは70～100m、翼回転径φ80～100m程度、先端の最高到達位置では150mに達するものもある。重量は、ナセル全体が約100ton程度、増速機単体でも20ton～30ton程度である。

◇ 増速機の概略

・構成・構造：

風力発電用増速機において、回転数の増速方法としては歯車の使用が最も一般的である。

その黎明期から近年まで様々な方式の増速機が開発されてきた経緯が有るが、歯車の種類としては、円筒形（主にヘリカル）歯車又は遊星歯車列の、どちらか、或いは、両方を使用し、複数セットで組み合わせ、増速を行っている。

図3に歯車・歯車列の簡単な概略を示す。

・要求性能：

風力発電用増速機は、その設置環境と用途の特殊性に起因し、特異な要求性能が存在する。

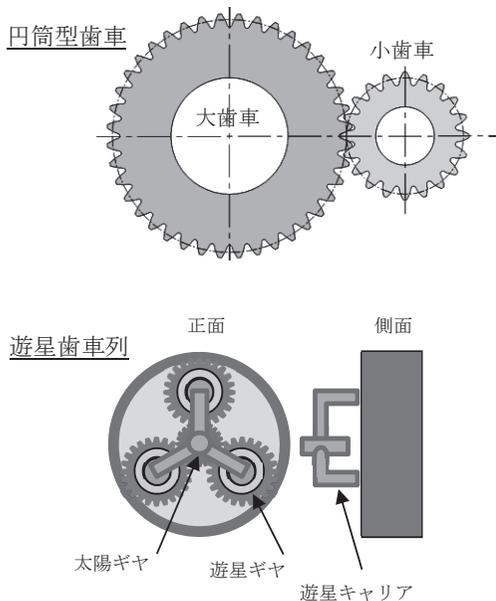


図 3 歯車の概略

①長期信頼性の確保

風力発電装置は、厳しい自然環境の中で20年以上の期待寿命で運用されており、増速機に対しては負荷の高い過酷な環境といえる。また、風力発電は市街地から離れた場所に設置され、且つ、増速機は地上数十mのナセル内に搭載される重量物である。

これは故障に際し、修理や交換が容易でないことを意味する。ナセル内での分解・修理作業にはナセル内の限られた空間は障害となり、ナセル外で修理する為に載せ降ろすならば高さ数十mに及ぶ巨大な移動式クレーンが必要となり、費用の高額化や運用停止の長期化を招く恐れがある。これらのことから故障を避けねばならない。

②高精度の要求

動力伝達の安定性、動力損失の削減、発電効率の向上、耐久性の向上、振動・騒音の低減等を求める為に、そのサイズ・重量からは想像がつかないミクロン単位の高精度を要求される。航空宇宙産業にも匹敵する要求精度とされている。

③温度環境

外気温の影響を受ける為、設置環境によるが、 $-40^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$ 程度の幅広い温度環境での安定動作を求められる。

・大型化の傾向：

風力発電は、取得エネルギーの増大を目指した大型化傾向が継続しており、従来型の陸上風車の主流は1.5MW～3.0MW級であるが、洋上風車の先端研究開発は5.0MW～9.0MW級にまで拡大しており、増速機も大型化している。

◇ 主要部品の構成と使用される鉄鋼材料

風力発電は、その出自が欧州にあるためか、金属材料全般の特徴として、JIS規格ではなくDIN規格・EN規格が使用されることが少なくない。

当社では専用規格材や開発鋼は極力用いず、一般的工業用規格の鋼材を適材適所に使用している。

各部品名称は、前出の図1・図3を参照いただきたい。

・ケース、フロントカバー：

増速機の本体として外枠を構成する外郭部品で、且つ、各内部部品を保持する母体である。単品生産品のケースであれば鋼板を溶接した構造体を使用するが、風力発電用では量産が前提であり、木型を使用した鋳鉄を使用している。材質は、FC250、FCD400、EN-GJS-400-18U-LT等。

・トルクアーム：

増速機自体が回転する事を防ぐ為、固定する目的で耳状に広がった外観を持つ部品である。ケースと同じく鋳鉄であり材質もほぼ同様である。また、外部への固定部分は、トルクアームピン(SCM440H焼入れ焼き戻し)を使用している。

・遊星キャリア：

図3に遊星歯車列(三個型)の概略を示す。

キャリアは、各遊星歯車を保持して回転する部品である。材質としてはFCD700、G18NiMoCr3-6等、鋳鉄を使用している。

・ギヤ、ピニオン等歯車類：

歯車は、風力発電用増速機にとって要の部品である。歯車材としてはニッケル・クロム・モリブデン鋼が用いられることが多い。材料名としてJIS規格ではSNCM〇〇の表記となるが、EN規格の〇〇CrNiMo〇材の使用例が多い。17CrNiMo6(18CrNiMo7-6)、30CrNiMo8、34CrNiMo6等。

EN規格材が使用される要因は、期待される強さ(例えば、引張り強さ、焼入れ性、等)の相違に起因して、そこから得られる信頼性向上・小型軽量

化対応への優位性である。敢えてその差異を示す一例として参考値と比較すると、引張強さにおいて、34CrNiMo6：1,100~1,300Mpa（φ16~40mm）に対して、近似とされるSNCM447：1,030N/mm²（4号試験片）、同SNCM439：980N/mm²（4号試験片）となる。

歯車には用途・目的が数種類存在する為、多種の熱処理技術の中から、適材適所の選択をして使用することになる。例えば、母材の粘りと歯車表面の硬さとの両立を目的とすれば、低炭素合金鋼には浸炭焼き入れを施す。その他にも、窒化処理、中炭素合金鋼に調質処理（焼入れ・焼戻し）等が用いられる。

また、歯車材として信頼性を確保するには、内部・表層共に無欠陥で在る事は重要な要求となる。従って非破壊検査が必須であり、RT放射線透過・UT超音波探傷・MT磁粉探傷・PT浸透探傷・NTナイタールエッチング等を組み合わせて、実施されている。

近年は、歯車としての強度向上を目的とした表面粗さの向上を図る事例が技術トレンドとして見られる。従来歯車では熱処理後の研削加工で完了するところへ、更に研磨工程を加えている。図4に研磨したギヤの写真を示す。当社に於いては、経済産業省のご助力を得て、この研究開発に取り組んだ経緯が有り、表面粗さとしてRa0.2以下を確保する研磨技術の確立を図った。

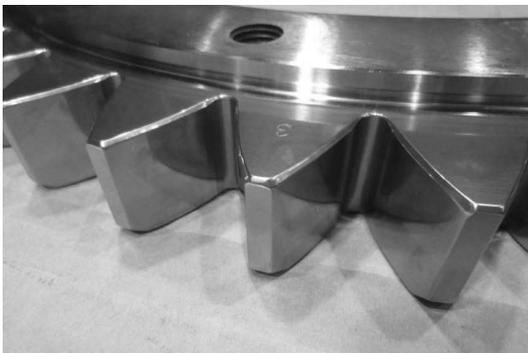


図 4 研磨ギヤの試作品の外観写真

・軸やピン等、その他の構造部品：

S〇〇C、SCM〇〇〇、SS等、国内で一般的なJIS材も多く用いられている。

・ベアリング：

増速機内には、数多くのベアリングを使用しており、これには軸受鋼、浸炭鋼、まれに特殊鋼等を用いているが、大半は購入品であり、本稿での詳細記載は、割愛させていただく。

◇ 特殊鋼に対する要望と期待について

歯車材用途に限定した特殊鋼への要望を述べる。

・強さ、靱性、耐摩耗性、焼入れ性、等：

長期にわたって破損の恐れを排除・低減する為、より強度に優れた金属材料の開発・発展が望まれる。

・偏析・非金属介在物：

鋼材内部の偏析や非金属介在物の存在は、歯車の破損へ繋がる恐れが在り、極力在ってはならない。大型歯車の製造は大型鋼塊の使用を意味し、鋼塊の製造工程上は偏析に対し不利である点是否めないが、これを除去・減少する技術や手法の確立を希望したい。

・膨張係数：

大きな温度変化をともなう自然環境の中で、大型且つ精密な機械装置を運用している。多種の金属材料を使用しており、温度変化により各々異なる寸法変化を示す。それが問題とならない様な適正クリアランスの保持が製作者のノウハウでもあるのだが、金属材料に対しては、変化量の減少や、変化量の同一化といった技術の発展を望みたい。

むすび

風力発電用増速機への要求性能の高度化に応える方法論のひとつとして、特殊鋼を初めとした鉄鋼材料の技術的発展は重要なカギになると考えている。前項「特殊鋼に対する要望・期待」に述べた一部は、現在の技術水準を超えるかも知れないが、こういった要望が、今後の技術的発展を促すことを、強く期待したい。

2. 制御装置（ヨー駆動装置）

ナブテスコ(株) 新エネルギー事業本部 あさ かわ ゆう いち
NEE事業推進部 風車機器グループ 浅川雄一

まえがき

風力発電の普及が遅れた日本であるが、原発事故を契機として新エネルギーによる発電が見直されている。福島県沖においては洋上大型風力発電の実証研究が始まろうとしているなか、異常気象からの強風による風車の倒壊や脱落事故も発生しており、風車の安全性なしでは風力発電の普及はありえなく、風況に適した信頼性の高い風車が求められている。

本稿では、風車の動向をまとめるとともに、ナセルの向きを制御するヨー駆動装置の概要と、鉄鋼材料への期待を述べる。

◇ 風車動向

地球環境保護が強く叫ばれるようになって以降、急速に拡大を続けてきた風力発電市場であるが、世界的に見るとここ数年の成長スピードは落ち着きを見せたといえる。欧州では、チェルノブイリ原発事故や石油の枯渇を契機に風力発電の導入を積極的に進め、陸上での風車設置適地が枯渇し始めた近年は洋上発電への移行が始まった。しかし膨大な初期投資が必要な洋上発電は金融危機の影響を受けて、設置コスト低減が求められるようになった。その欧州とともに、近年の市場を引っ張ってきた米国と中国であるが、米国ではPTC (Production Tax Credit: 風力の発電量に応じて税金還付が受けられる制度) 失効と安価な天然ガス (シェールガス) の供給開始による風車市場の減速、中国では送電系統の制約や風車故障の頻発により、政府がこれまでの急拡大路線からの転換を打ち出したことで新規設置容量が減少した。したがって、米国では風力発電の商用運転における更なる経済性向上が必要であり、中国では瞬間停電対策 (LVRT: Low Voltage Ride Through) の義務付けといった、風車の信頼性向上が必要と考えられる。

表 1 風車への要求

風車への要求	具体的な内容
商用運転における経済性 向上 設置コストの低減	<ul style="list-style-type: none"> ・低風速からの発電が可能 ・発電機器の高効率化 ・風車の軽量化
高信頼性	<ul style="list-style-type: none"> ・瞬間停電対策 (LVRT) ・風車機器故障リスク低減

近年の風車への要求をまとめると表1のようになる。なかでも風車の軽量化は大型化が進む洋上風車では重要な課題である。発電容量が大きくなればナセル内部の機器重量も必然的に大きくなり、タワーやナセルの高強度化が必要になる。これは風車本体価格に直結する問題であり、同時に設置コストを押し上げる要因にもなる。近年開発されている大型の洋上風車は、増速機を持たない「ダイレクトドライブ (DD) 風車」が多い。これによりナセル重量が低減できるほか、風車機械部品の故障リスクを低減できることで高信頼性にも貢献するといわれている。洋上風車は故障時のメンテナンスに労力を必要とするため高信頼性が特に重要視されることから、今後の洋上発電向け風車ではDD風車が主流となるといわれている。

◇ ヨー駆動装置概要

図1に示すように、ヨー駆動装置は風向に応じてタワー上でナセルを回転させるための装置である。タワー上部にはナセルとの間に回転ベアリングが取り付けられており、回転ベアリングに設けられたインボリュート歯形と、ナセルに設置されたヨー駆動装置のピニオンギヤが噛み合うことで、ナセルをタワーに対して回転させている。増速式風車ではナセル内部の設置場所に制約を受ける場合が多く、一般的に風車1基あたりに4台のヨー駆動装置が設置されるが、DD風車においてはその制約が少なくなる関係で8~16台が設置されることが多い。設置台数を増やすメリットとしては、万が一1台のヨー駆動装置が運転不能となったと

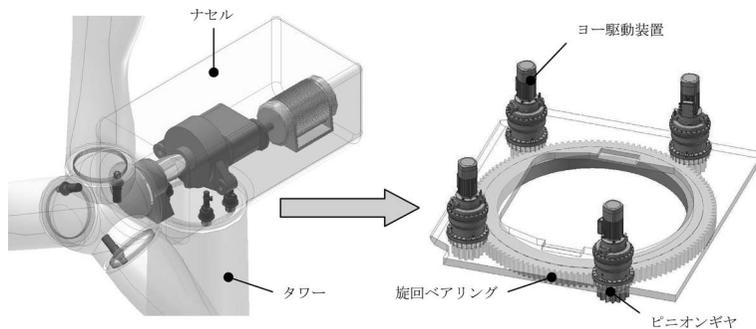


図 1 ヨー駆動装置の配置イメージ

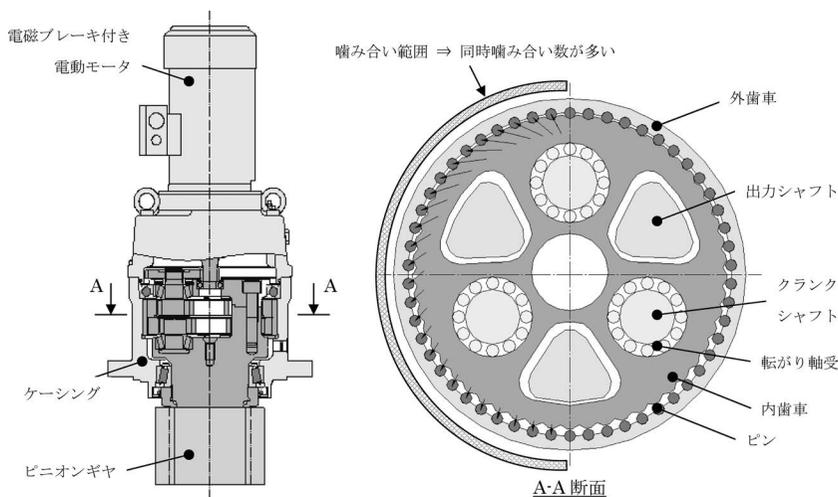


図 2 ヨー駆動装置とサイクロイド減速機構

きに他の装置で旋回を継続できることと、1台あたりのヨー駆動装置の軽量化が可能でメンテナンス性（交換容易）に優れること、突風時や急激な風向変化があったときに旋回ベアリングとピニオンギヤに発生する噛み合い荷重が低減することで、旋回ベアリングの破損を防止できることがあげられる。

図2に示すようにヨー駆動装置は主に、①電磁ブレーキ付き電動モータ、②減速機、③ピニオンギヤの3つで構成されている。ピニオンギヤの要求回転数は $0.5\sim 1.5\text{min}^{-1}$ であり、減速機には1,000～3,000という高減速比が要求される。一般的には遊星歯車機構4～5段の減速機が使用されるが、増速式風車では設置場所とともにヨー駆動装置の全長（高さ）についても制約を受けることが多いことから、ナセルのフレームや他機器との干渉が問題になることがあった。

そこで当社のヨー駆動装置では、減速機の出力側減速段に省スペースで高減速比が得られるサイクロイド減速機構を採用した。図2に示すように、エピトロコイド歯形を持つ内歯車、減速機ケーシングと一体化された外歯車、ピン、入力からの動力を偏心揺動運動に変換して内歯車に伝える複数のクランクシャフトと、クランクシャフトと内歯車間の転がり軸受で構成される。クランクシャフトは回転軸が減速機出力シャフトに支持されるとともに、出力シャフトの回転軸からオフセットされて配置されており、外歯車に対してクランクシャフトが公転することで出力シャフトに動力を伝達する。サイクロイド減速機構の減速比は内歯車の歯数で決まり、単列でも非常に大きな減速比を得ることができる。

一方で、機器の高信頼性やメンテナンスフリーが要求される洋上風車では、突風時や急激な風向

変化によりピニオンギヤを介して大きな衝撃負荷を受けて、出力側減速段の歯車が破損することが問題になる。サイクロイド減速機構は同時噛み合い歯数が多いことから、このリスクを低減させることが可能である。衝撃負荷の大きさは一般的に風車が大型化するほど大きくなるため、大型化が進む洋上風車向けの減速機に適した機構である。

◇ 鉄鋼材料への期待

鉄鋼材料への期待を調達面と設計面から述べる。

ヨー駆動装置の旋回ベアリングとの噛み合い部にあたるピニオンギヤは、重要性を考慮して材質が風車メーカーから指定されていることが常である。風車の発祥が欧州であることから、規格や認証などの取り決めが欧州基準で考えられており、ピニオンギヤをはじめ、風車機器にはDIN規格材やEN規格材に相当する材料が求められる。しかしながら日本国内（JIS規格材）では相当材や、もしくは機械的性質にて相当材であることを証明することができる資料が揃っていないのが実体である。これらが充実すれば機械メーカーとしても調達の幅を広げることができる。

設計面では、サイクロイド減速機構の採用により減速機の小型化や耐衝撃性の向上を図ってきたが、一方でヨー駆動装置は、風車への取り付け後の20年以上にわたる長期間の使用に耐えなければならない。高信頼性を達成するための材料品質向上はもちろんのこと、大型風車の機器小型化を実現するためには材料の高強度化も重要なテーマであり、材料・熱処理技術の発展を願ってやまない。さらに洋上風車では機器全般に高い防錆性が要求される。ヨー駆動装置においては前述のピニオンギヤのように、外気と接触しながらも塗装が困難な部品があることから、防錆性に優れた材料の開発も待たれる。

最後に、外歯車と一体化されている減速機のケーシングには耐衝撃性が要求される。ケーシングは球状黒鉛鑄鉄（FCD）を使用しており、高強度の鑄鉄が望まれることは言うまでもない。しかしFCDは引張強度が高いほど低温脆性の遷移温度が高くなる特性がある。寒冷地での使用を考慮すると低温特性の優れたFCDが必要であり、鑄造方法や添加剤・接種剤の改良による技術向上を期待する。



3. 軸 受

NTN(株) 産業機械事業本部 新エネルギー技術部 いの うえ やす ゆき
井 上 靖 之

ま え が き

風力発電は二酸化炭素を排出せず、環境への影響が少ないクリーンエネルギーとして近年、飛躍的發展を遂げてきた。

2013年の世界の風力発電総設備容量は約314GWに到達した。最近の経済状況から多少の足踏みは見られるが、今後も大きな成長が見込まれる。

図1に風力発電装置の設置実績と予測を示す。陸上から洋上へ、発電効率の点からより大型化に向けた開発が加速している。洋上に設置された風力発電装置は、陸上より簡単にはアクセスできないため、メンテナンスの容易さが求められる。また、主軸受が破損し交換する場合、主軸受が取り付けられているロータや主軸をナセルから降ろす必要があり、洋上風力発電装置となれば、交換費用は陸上よりさらに高額となるため、主軸受には高い信頼性が要求される。

図2に1MWあたりの風力発電装置の価格動向を示す。風力発電設備容量の増加に伴い、風力発電装置の価格は2007年をピークに下落している。図2はアジアを除くグラフであり、実際には更に下落している。このような価格推移の中、風力発電装置メーカーは最適な装置の開発を継続しているが、各部品に対しても価格の抑制傾向があり、今後も軸受の低コスト化が望まれている。

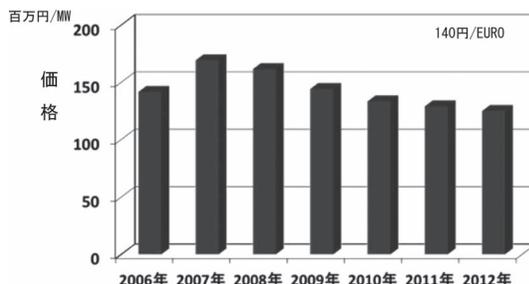


図 2 風力発電装置の価格推移¹⁾

◇ 風力発電装置の内部構成

現在の風車の動向及び当社の技術動向について紹介する。

風力発電装置には水平軸、垂直軸等の形式があるが、3枚ブレード（翼）で水平軸式の大型風力発電装置を代表例として紹介する。図3に現在主流の誘導発電タイプのナセル部を示す。ブレードで受けた風エネルギーでロータを回転させ、発電機で電気エネルギーに変換する。

軸受メーカー各社はこれまで、陸上風力発電装置用の主軸、増速機、発電機などに用いられる各種軸受について、要求特性に合致した軸受を開発、供給してきた。現在は洋上風力発電装置用軸受の開発に重点をおく傾向である。

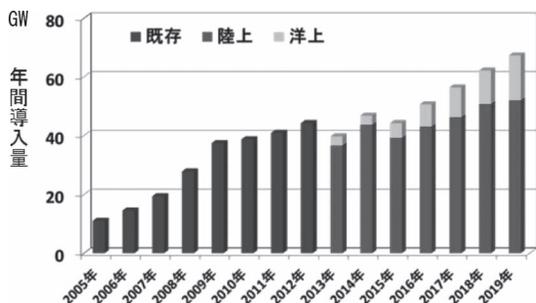


図 1 風力発電装置の設置実績と予測¹⁾

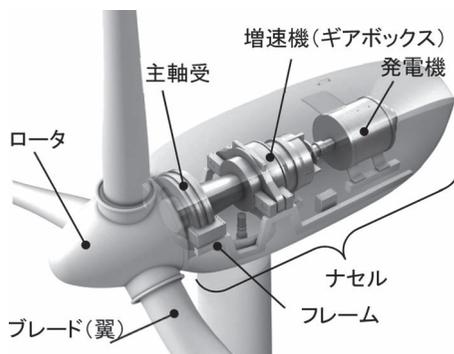


図 3 風力発電装置の構造

◇ 主軸受

ロータを支える主軸受は大型化の一途を辿っており、洋上風力発電装置では一般産業機械では経験がない大型サイズの軸受を使用する。

主軸の軸受構成は、組込時に生じる取付誤差の許容能力が高い自動調心ころ軸受を2個使用する仕様が主流であったが、自由側軸受の機能確保や、洋上・大型化に伴う軽量設計により、表1に示すさまざまな構成に変化している。

1. 軸受内部設計の最適化

試験機容量や評価時間の点から、実機サイズの台上耐久評価は困難なため、信頼性の確保には要素試験や解析技術を駆使した軸受設計技術が重要である。

主軸受の大型化では、保持器強度はもちろんのこと、保持器全体の変形を左右する剛性も重要な要素である。単列円すいころ軸受の転動体や保持器の自重が回転性能に与える影響を動解析で評価した例を図4に示す。

ここでは、運転条件をシミュレーションし、保持器柱部に作用する荷重および応力を算出し、保持器強度を確認している。このような動解析や静解析で、転動体と保持器の仕様を最適化し、所定寸法内における高負荷容量設計を実現している。

軸受材料には、軸受の形式や形状によって、軸受鋼や浸炭鋼が使用される。それらの材料には清

保持器の柱部に作用する荷重

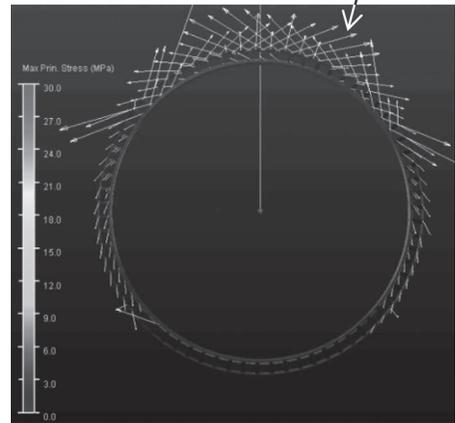


図 4 単列円すいころ軸受の動解析例

浄度を確保されることが大型化に向けた重要な課題である。

2. 軸受周辺設計の最適化

軸受寿命や転動体一軌道面間の接触応力は、周辺構造を考慮した構造解析で各転動体荷重を算出し、評価している。これは、同じ軸受でも軸受箱などの周辺構造により軸受寿命が大きく変化し、大型化するほどその影響も大きくなるためである。

図5に主に陸上風力発電装置で使用される自動調心ころ軸受の軸受箱の例を示す。自動調心ころ軸受が使用される場合、軸受箱は両端の2箇所フレームに連結される。フレームとの連結部付近

表 1 洋上風力発電装置の主軸受レイアウト

構成	A		B		C	
構造図						
軸受形式	ロータ側	発電機側		ロータ側	発電機側	
	円筒ころ軸受	内向き複列円すいころ軸受		外向き複列急勾配円すいころ軸受	単列円すいころ軸受	単列円すいころ軸受



図 5 自動調心ころ軸受用軸受箱解析モデル

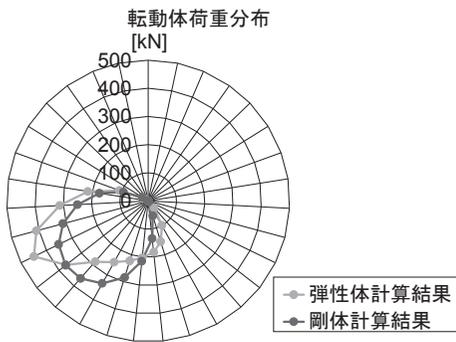


図 6 自動調心ころ軸受解析結果

は部分的に剛性が高く、変形し難いため、局所的に荷重が負荷される。この例では、図6に示すように、剛体での計算結果に対し8時位置付近の転動体荷重が増加している。

このように内輪回転で使用される場合は、使用条件に合わせた軸受箱の形状および、連結位置の選定が特に重要である。

外輪回転で使用される複列円すいころ軸受の解析例を図7に示す。外輪回転(図8)の場合、軸

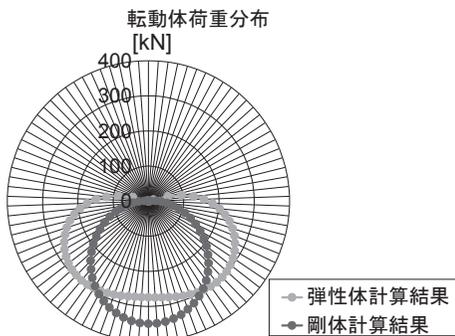


図 7 複列円すいころ軸受解析結果

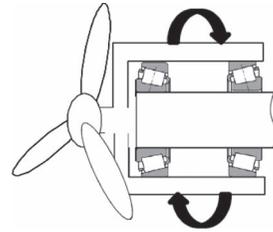


図 8 外輪回転

受箱は連結部がなく、円周上の肉厚(剛性)が均一であり、荷重が全体に分散されるため、転動体荷重を低く抑えることができる。

このように軸受周辺構造は軸受寿命に大きな影響を及ぼすため、軸受内部設計のみならず周辺構造を含めた解析を行う必要がある。

3. 最適な軸受配置

前項で述べたように、軸受を長寿命にするには、軸受箱の剛性を円周上にわたって均一とするか、剛性の分布を極力滑らかにすることが有効である。

一般に主軸受に作用する荷重は、図9に示す座標系で、ロータ中心に作用するFz方向のラジアル荷重、Fx方向のアキシャル荷重、およびMy方向のモーメント荷重で決定される。軸受をロータ内部に配置すると、モーメント荷重が軽減され、軸受荷重を低減することが可能となる。

以上より、ロータ内部に軸受を配置し、外輪回転で使用することが、最も軸受の長寿命化、ナセルの軽量化、コンパクト化が可能な最適設計であると考えられる。

4. 更なる高信頼性に向けて

当社ではユーザーのニーズに対応するため、多岐にわたる試験装置を保有している。これらの試験装置で解析の信頼性を確認するとともに、メンテ

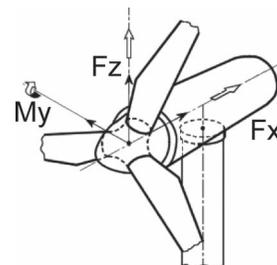


図 9 主軸受座標系

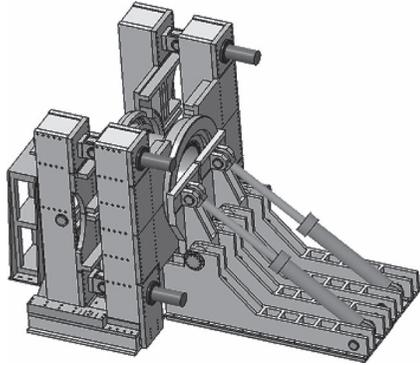


図 10 洋上風力発電装置用軸受試験装置図

ナンスの最適化に向けた潤滑基礎データを収集している。

また、当社では洋上風力発電装置に使用される実機サイズである外径4m程度の軸受を評価可能な大型試験装置を稼働予定である（図10）。機能確認や基礎データを積み重ね、信頼性向上に活用する。

◇ 増速機用軸受

風力発電装置が大型化する中で、増速機（図11）においては入力トルクが増大する一方、軽量・コンパクト化の要求が高まってきている。

増速機の軽量・コンパクト化には、遊星部の径方向寸法の設定が重要である。このため増速機メーカーでは、ハウジングの薄肉化、遊星歯車、軸受のサイズダウンなどを検討している。従い、荷重、回転数などの使用条件に加え、軸受周辺構造を含めた各部の変形量や荷重分布を解析し（図12）、軸受仕様を決定、提案している。

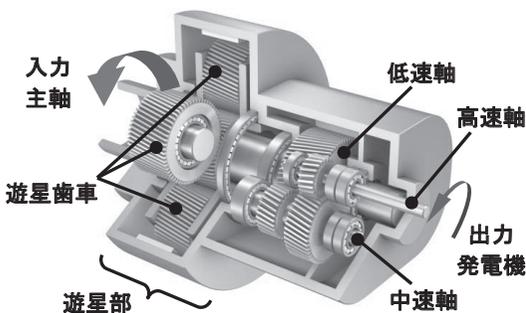
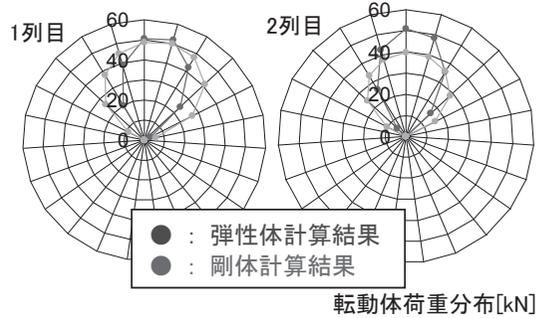


図 11 一般的な増速機構造例



転動体荷重分布[kN]

図 12 周辺構造を含めた遊星軸受の解析結果

また風況によって、増速機にはトルク・回転速度に変動が生じる。増速機への入力に変動が生じても長寿命・高信頼性を示すことが必要であり、増速機用軸受専用の仕様を適用することが多い。

軸受に高荷重が負荷された場合、転動体であるところに発生する有害なエッジ応力を緩和するため、クラウニング形状の最適化を行っている。標準クラウニングと特殊クラウニングをそれぞれ施したところに、高荷重が負荷された際の接触応力分布を図13に示す。ここに特殊クラウニングを適用することでエッジ応力が軽減していることがわかる。

また中・高速軸用の軸受は、比較的低荷重で使用されるため、スミアリング等、滑りによる表面損傷の予防策として、内外輪およびころに特殊表面処理を施す（図14）。

図15は標準品と特殊表面処理品の耐スミアリング性能を比較した試験結果で、2倍以上の耐スミアリング性能が得られている。また表面損傷を懸

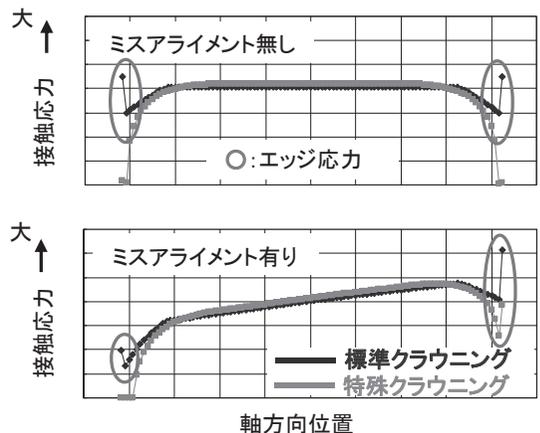


図 13 ころ接触応力の比較



図 14 特殊表面処理軸受

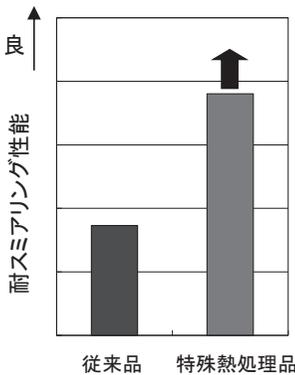


図 15 スミアリング試験結果

念し、特殊表面処理軸受が中・高速軸以外の軸にも採用されることがある。

◇ 発電機用軸受

発電機は、回転子両側を深溝玉軸受で支持することが一般的である。1.5MWクラスでの軸径は150mm程度であり、軸受周辺からの漏洩電流による電食を防止する絶縁軸受が用いられる。

絶縁軸受の一例として、軸受外輪の外径部から側面に特殊セラミックスを溶射した軸受があり(図16)、風力発電装置に留まらず、鉄道車両用主電動機、汎用モータなどに幅広く採用されている。

また洋上化に向けて、さらなる高信頼性を達成するため、鋼球の代わりに図17に示すセラミックボールを適用することで軸受の温度上昇を低減し、潤滑剤の長寿命化を図ることもできる。今後、信頼性を重視し、セラミックボールを使用した軸受が主流になると考える。

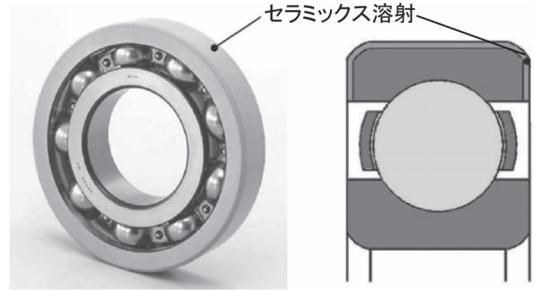


図 16 セラミック絶縁軸受



図 17 セラミックボール

◇ 状態監視システム

風力発電装置は風況から、山間地や海岸、洋上などの都会から離れた遠隔地に設置されることが多い。そのため、遠隔地の風力発電装置へのアクセスはメンテナンスを実施する上で負担となっている。

このような問題を解決する方法として風力発電装置の状態を監視するシステム(CMS: Condition Monitoring System)を適用することにより、風力発電装置の状態を遠隔地から監視でき、早期の異常検知が可能となる。2次的な損傷を防止することにより、風力発電装置の稼働率向上が期待される。

当社の例として、CMSの一層の利便性を高めるため、ナセル内への運搬や設置場所の選定に有利なように、データ収集装置の小型化と、信頼性の高い診断結果を提供することを目標にCMS(図18)を開発した。このシステムは日本メーカーとして、初めてGL*の型式認証を取得している。

CMSにて収集した診断結果や振動データは、LANに接続されたPC上の監視・分析ソフトを用いて遠隔地からでも常時監視できる。さらに異常警報はE-mailにて担当者に自動送信する機能を持っているため、常にPC上で監視する必要はない。さ

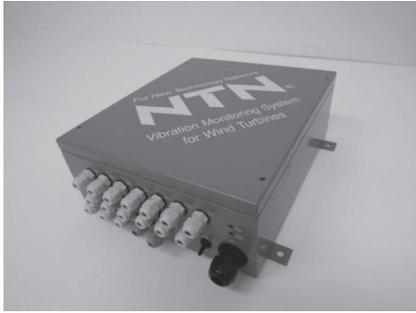


図 18 CMSデータ収集装置

らに、振動データの分析ツールを使用した詳細な診断も可能である (図19)。

対象とする故障モードは、軸受、歯車の損傷以外にブレードのアンバランスやミスアライメント、ナセルの異常振動であり、故障モードにより振動の周波数帯域が異なるため、低周波用の加速度センサと高周波用の加速度センサの2種類のセンサを用意している。

* Germanischer Lloyd ドイツロイド船級協会

むすび

風力発電は今後さらに拡大が期待される新エネルギーであるが、洋上での使用環境、経済性、信頼性、メンテナンス性に対する要求は高まる傾向にある。

当社では、これらの要求に応え、風力発電の発展に貢献出来るよう、さらなる開発を進めていく。

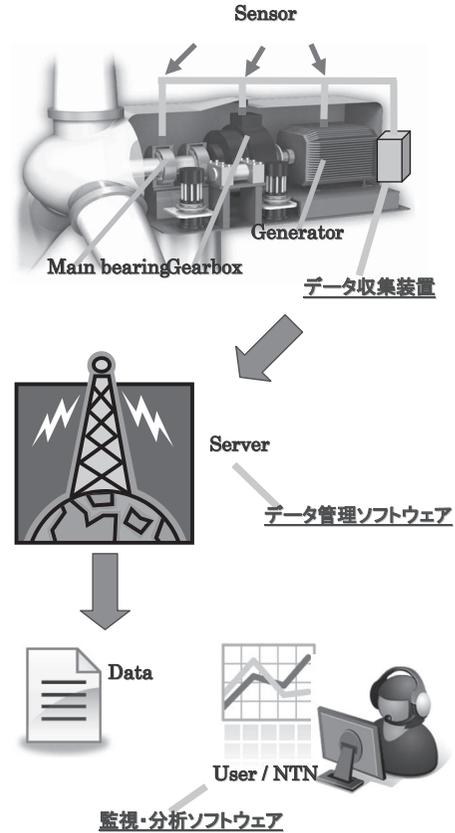


図 19 システム構成

参考文献

- 1) BTM Consult : World Market Update 2013
- 2) 日本風力エネルギー学会誌 2014 1月号
- 3) NTN TECHNICAL REVIEW No80 October 2012

4. 洋上風力用チェーン

濱中製鎖工業(株) かね こ ひで ひこ
東京営業所 取締役 **金子秀彦**

まえがき

当社は1957年にアジア地域では初めて“フラッシュバット溶接”によるチェーン製造を始めた会社です。当社の工場が立地している、姫路市網干区、白浜町一帯は鎖の一大産地であり、当地域には58社に及ぶ鎖製造業者が立地し、その生産高は全国の約70%を占めております。

そもそも、鎖製造の発祥についての記録は江戸時代に遡り、「姫路城築城に際し、必要な釘を火造で造ったのが始まりで、築城後も釘の製造は続けられた。これがいわゆる“松原釘”である。このため松原村（現・姫路市白浜町甲）の人は、鍛冶に対しては少なからぬ知識と経験を持っていた。」との記録があり、その鍛冶技術をいかして、明治の中頃、船釘の製造も行われるようになりました。その後、この地で学んだ弟子たちが、修得した技術を生かし、各自で鎖の製造を行うようになりました。これが白浜地区における鎖の発祥です。

このようにして、白浜地区一帯において鎖の生産が行われるようになりましたが、当時の製法は火造であったため、生産量は伸びず僅かな量を製造するばかりでした。しかし、昭和15年頃に細物鎖で電気溶接機（アプセットバット溶接方式）による機械製法が考案されるに至り、量産が可能となりました。また、船舶用鎖については、明治から続く鍛冶法、鋳鋼法では人手を要し、大型化、量産化に限界があり、抗張力の低い鎖しか製造できませんでしたが、前述の通り1957年に外国製の大型溶接機（フラッシュバット）が導入され、また、この大型溶接機が国産化されるに伴い、高品質の太物鎖の生産・量産化が可能となりました。

当社でも、生産開始当初は錨鎖製造など、船舶用の船級規格を中心とした生産構造でしたが、石炭から石油、天然ガスへのエネルギー構造転換の進展と共に、現在は当社の生産構造も徐々にその姿を変え、現時点では70%がオフショア分野、

30%が船舶向けとなっております。

◇ オフショア用チェーンについて

アンカーチェーンは、船舶の係留用をはじめ、港湾設備や津波等の気象観測用のブイ、海洋（オフショア）分野での海洋エネルギー掘削リグや生産設備であるFPU（Floating Production Unit）、FPO（Floating Production Offloading）、FPSO（Floating Production Storage Offloading）の係留用など、様々な用途に使用されています。近年では、再生可能エネルギーとして洋上の風力が脚光を浴びており、今回の福島沖洋上風力発電プロジェクト等の洋上風力発電の浮体構造物の係留用の用途も生まれてきております。

福島沖洋上風力発電プロジェクト（正式名称：浮体式洋上ウインドファーム実証実験事業）の浮

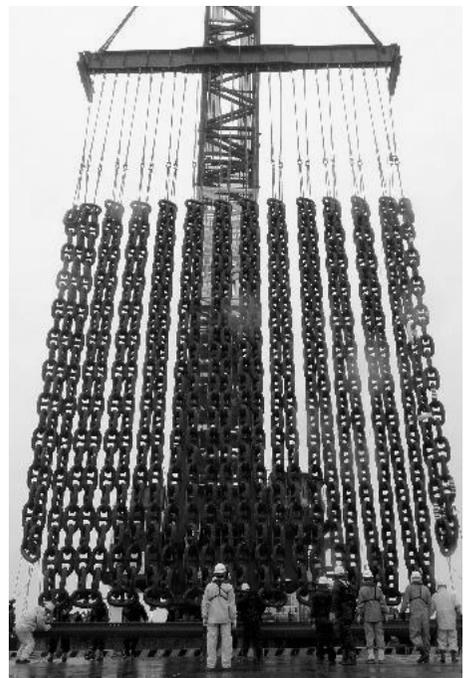


写真 1 福島沖洋上風力に納入したチェーン

Mechanical Properties

		Grade 5	Grade R4S	Grade R4	Grade R3S	Grade R3	API-2F
Ultimate Strength	MPa [minimum]	1000	960	860	770	690	641
Yield Strength	MPa [minimum]	760	700	580	490	410	—
Reduction of Area	% [minimum]	50	50	50	50	50	40
Elongation	% [minimum]	12	12	12	15	17	17
Design Temperature	°C	-20	-20	-20 (0)	-20 (0)	-20 (0)	-15 (0)
Impact Joules (average of three minimum)	B	58	52	50 (70)	45 (65)	45 (65)	40 (58)
	W	42	40	36 (50)	33 (53)	33 (53)	36 (49)
Proof Load [minimum]	Stud chain	0.0251*Z	0.0240*Z	0.0216*Z	0.0180*Z	0.0156*Z	0.014*Z
	Studless chain	0.0223*Z	0.0213*Z	0.0192*Z	0.0174*Z	0.0156*Z	—
Break Load	kN [minimum]	0.0320*Z	0.0304*Z	0.0274*Z	0.0249*Z	0.0223*Z	0.0211*Z

() Alternative test temperature for special applications.

Z=d²(44-0.08d)

Other intermediate grades such as ORQ+10 and ORQ+20 may be considered.

Stud welding is not allowed for R4S, R4 and R5 (other grades at client discretion).

Chain weight per meter

Stud chain = 0.0219*d²

Studless chain = 0.02*d²

図 1 機械的性質

体構造物係留用に採用された係留チェーン（写真 1）は、一口にチェーンと言いましても、1つの発電ステーションに対して、1連の長さが約800mに及ぶ非常に長い係留チェーンが4本～8本使用されており、チェーンのグレードもR3&R3S（図 1 参照）、チェーン径（太さ）132mmという、高強度、且つ巨大なものです。

◇ 太径高強度チェーンの製造工程（図 2）

アンカーチェーンの材料は高級な合金鋼であるチェーン用丸鋼（棒鋼）を使用します。製鉄所で製造された棒鋼は弊社工場に搬入された後、製造するチェーンリンクに必要な長さに切断されます。切断された棒鋼は加熱炉で700°C前後に加熱された後、製鎖機で①曲げ、②フラッシュバット溶接、③バリ取り、④整環・スタッド取付の4工程を経てリンクが形成され、この工程の連続によってチェーン（連鎖）が出来上がっていきます。

製造されたチェーンはスタッド溶接、熱処理前検査実施の後、強度、粘りを強めるために熱処理が施されます。熱処理終了後はショットブラストでスケールを落とし、チェーンリンク全数を対象とした引張試験、外観、寸法検査を実施し、必要に応じて非破壊検査（UT等）の最終検査工程を实

施し製品となります。また、製品と同じ工程で製造したリンクよりサンプルを採取し、切断試験、機械的性質の試験も並行して実施します。

当社では Nippon Kaiji Kyokai (NK)、Det Norske Veritas (DNV)、American Bureau of Shipping (ABS) を初め、各国の船級協会の製造承認の取得はもとより、品質マネジメントシステムである ISO9001 (DNV Quality System Certificate)、ABS Certificate for Quality Assurance Program、API Q1 Certificate の認証を取得しております。また、環境マネジメントシステム ISO14001 及び労働安全マネジメントシステム OHSAS18001 (HSE) の認証も取得しており、製造、品質のみならず、環境保全や労働安全へも積極的に取り組んでおります。

◇ オフショア向けチェーンにおける技術課題

通常、発電施設は、長期間発電し続ける事ができればコストが下がり、安価な電力を消費者に提供することが出来ますが、常に波の影響を受ける洋上風力発電においては、海水環境における腐食、浮体の揺動による疲労、摩耗等、係留チェーンには極めて厳しい負荷が掛ることが予想されています。万が一、係留用チェーンが腐食や疲労により破断するような事態となった場合、洋上に浮かぶ風車や発電ユニットは姿勢を保つ事ができず、発電がストップしてしまいます。このように、重要な再生可能エネルギーの一つである洋上風力発電において、係留用チェーンは非常に重要な設備となっています。

係留チェーンにおける課題の一つに、腐食・摩耗による減肉が挙げられます。通常、係留物とチェーンとの取付点が最も摺動が激しく大きく摩耗が進行することが予想されますが、当該チェーンは長期間に渡って同じ位置に係留され、且つ海底に着床しアンカーと同様に把駐力を高める特徴を持っていることから、海底の砂礫と繰り返し接触を繰り返す部分の摩耗が進行することが予想さ

We Pay Strict Attention to Quality Control and
Never Fail to Carry Out Thorough Quality Checks.

Stringent Quality Control

Strict checks are carried out on both raw materials and finished products to ensure that there are no external or internal defects.

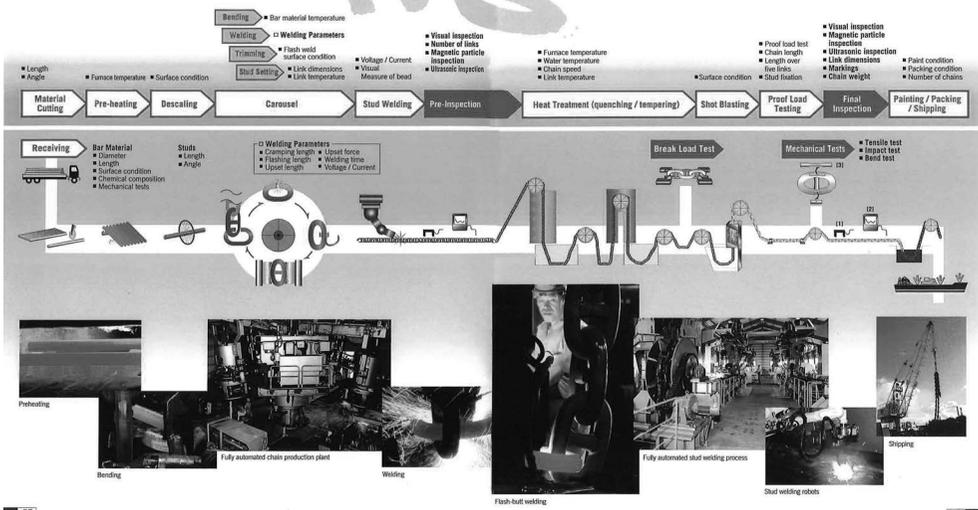


図 2 製造工程

れています。

一般的にチェーンの腐食、摩耗対策としては、チェーン表面の防錆処理や塗装などの定期的なメンテナンスが有効ですが、長期間海中で使用されるオフショアチェーンではこのような施工が困難です。今回のプロジェクトでも、取付点の腐食・摩耗の測定は比較的容易であると考えられますが、海底部分の摩耗量は実際に引き上げて確認することが困難であることから、ロボットを使った測定や海底環境を模擬した実験設備によりシミュレーションすることが検討されています。現在、今回の風力発電プロジェクトが中心となって、鋼材腐食・摩耗の定量的評価手法の検討を進めています。足元はチェーンの太径化や高強度化で、想定される腐食分、摩耗分を補うような設計を行っています。

また、2002年のハリケーン「リリー」、2004年のハリケーン「アイバーン」、2005年のハリケーン「カトリーナ」と「リタ」と近年立て続けに、ハリケーンがメキシコ湾を襲っています。また昨年

フィリピンを襲ったハリケーンは記憶に新しいところ。このような、巨大なハリケーンにより、オフショア業界では、OCEAN STAR、OCEAN AMERICA、NOBLE JIM THOMPSON、DEEP-WATER NAUTILUS等の掘削リグのアンカーチェーン、ワイヤーロープが損傷、破断し、掘削リグが転覆するなど大きな打撃を受けました。この結果、係留ラインの本数追加や、チェーンのグレードアップ（強度アップ）が提案され、チェーンの高強度化のニーズが高まってきております。

今後、四方を海に囲まれた日本では、オフショアにおける再生可能エネルギー開発ニーズが高まっていくものと考えられます。現在、鉄鋼会社との共同研究で、次世代グレードのR6種のチェーンや耐摩耗性を改善したチェーンを開発しています。今後、益々高まるエネルギー需要、また地球環境保全を目的とした再生可能エネルギーへのニーズに応えることが出来るよう、常に新しい技術、製品で皆様のご期待にお応えしていきたいと考えております。

5. ボルト

(アンカーボルト、接続用ボルト)

ユニタイト(株) はしもと あつし
グローバル事業本部 橋本 篤

まえがき

近年、環境への影響が少ないクリーンエネルギーとして風力発電が注目されており、グローバル的に大型化や風力発電の洋上化の能力向上が進められている。また風力発電1基あたりには1万点を超える部品点数を要するため、ひとつの大きな組立産業としての期待が高まっている。風力発電において代表的な構成部品といえば増速機、駆動装置、ブレードなどが挙げられる。またこれら主要装置や部品を組み立てる上で重要とする部品がボルトなどの締結部品である。本稿では、機械要素のひとつであるボルトについての一般的な特性を紹介し、大型化・洋上化が進められている風力業界におけるボルトの技術動向と市場動向について説明する。

◇ ボルトの特性

ボルトとは、部品と部品の締めつけや部品を固定するために使用される代表的な機械要素である。六角、四角、フランジといった様々な形状があり、材質やサイズも加えるとありとあらゆる種類のボルトが存在する。またボルトごとに耐力、引張り強さ、伸び、絞り、硬さなどの機械的性質も持っており、ボルトを選定する際は重要な要素である。例えば、10.9のボルトの場合、「10」は1,000Nの引張強さを示し、数字「.9」は、この1,000Nに対して90%の値(=900N)が降伏点であることを示し、降伏点を越えると永久伸びが発生し、ボルトそのものが破断する可能性もある。

ボルトの伸びや破断を避けるために高強度化のボルトが促進された時期が存在した。しかしボルトを高強度にすることで遅れ破壊が発生する可能性が高まる。遅れ破壊の原因は水素による脆化が

主な原因といわれているが、そのメカニズムは諸説あって、よく解っていないことも多い。遅れ破壊はある期間が経過すると突然発生するため、弊社では高強度のボルトは使用用途やその箇所にかかる負荷などを十分に考慮して製造している。

◇ 風力発電に使用されるボルト

風力発電に使用されるボルトについて解説する。風力発電の中には一般的な六角穴付ボルトなどが使われているが、本稿ではタワー接合用フランジボルトとタワーの基礎を支えるアンカーボルトについて解説する。弊社が製造するフランジボルトとアンカーボルトを展示した写真を写真1に示す。

国内で建設される風力発電用のタワーボルトとアンカーボルトは国土交通省の大臣認定を取得する必要がある。現在は国土交通省の管轄であるが、近々経済産業省に管轄が替わるともいわれており、今後このようなボルトの認可についてはどの様に様変わりするかは不透明である。

大臣認定を取得するためには様々な試験結果を提出する必要がある。特に遅れ破壊に関する試験項目が重要である。我々で大臣認定を取得しているタワー接合用フランジボルトの強度区分はすべて10.9である。強度区分10.9のボルトにおいて、径が太くなればなるほど、質量効果により芯部まで十分に焼入れによる硬さを確保できなくなるため、材料についても慎重な検討が必要である。そのため、我々ではM36、M39においてはSCM440を採用しており、M42以上のボルトにおいてはSNCM439を採用している。これら材料を使い分ける目的として焼入れ性の確保と素材コストが挙げられる。SNCM439にはニッケルが含まれていることで焼入れ性が向上し、ボルト全体における硬度が安定し、芯部と表層の硬さの差が小さく抑えられ、より良



写真1 フランジボルト及びアンカーボルト

い物性が確保できるが、如何せんコストが高い。現在、我々では最大M64までのタワー接合用ボルトの大臣認定を取得している。このようにボルトが太くなれば太くなるほど表層と芯部の硬さ及び物性の差が大きくなり、遅れ破壊の可能性も高まるため、品質面を考慮して材料を選定している。

このフランジボルトはナットと座金とセットになっており、防錆の目的で溶融亜鉛鍍金が施されている。通常の高強度ではないボルトについては鍍金の付着を簡便、美麗にするために酸洗浄を施すが、高力ボルトについては遅れ破壊を考慮するため、酸洗浄は全く行っていない。酸洗浄は塩酸若しくは硫酸槽に浸漬し、酸化鉄膜を除去する事を目的とするが、浸漬時に水素が発生し、この水素を鉄が吸蔵する事で遅れ破壊につながる懸念が有るためである。しかし、酸化鉄が表面に付着している状態で溶融亜鉛層に浸漬しても亜鉛の付着は不均一となり、密着性も期待できない。弊社のボルトは鍍金加工寸前でショットブラストをあてることにより、物理的に酸化膜の無い均一な表面状態を確保することで鍍金加工を行っている。

鍍金処理において温度管理、浸漬時間も重要なポイントで溶融亜鉛の窯の温度は焼き戻し温度近傍であるため、短時間で亜鉛浴から引き上げることが必要である。タイマーを使用して、所定の鉄⇄亜鉛合金層と純亜鉛層が出来た上で素材硬さに大きな影響を与えない条件を見つけ出し、その加工条件を厳守することを要求される。

また余分な亜鉛が付着しすぎると嵌合に不具合を生じるため、手振りという余分な鍍金を振り切る作業を行っている。重量が10kg以上あるボルトを2本のハンドツールで床に敷いているゴムマットに軽く打ちつけて余分な溶融亜鉛を取りさり、ネジ精度を確保する作業である。小さなボルトについては遠心分離機のような装置が使われているが、フランジボルトのような径が大きなものについてはこのような職人技に頼っている。

またタワー接合用フランジボルトの大臣認定を取得するためには、リラクゼーション試験なども実施する必要がある。リラクゼーション試験ではボルト、ナット、座金、締結部材の所謂ナジミと締めつけられたプレートの微細な凹み等により結果としてボルトの軸力が低下する事をボルト軸部に歪ゲージを張り付け、締め付け初期の歪からの軸力減少量を測定する。部材をボルトで接合し、長期間においてボルトがどれだけ緩むのかを確認する試験である。実際のフランジ部分の締め付けは締め付け時のマーキングはもちろん、一定期間毎に本締めトルクを掛けて緩みを確認したうえで増し締めを行う点検がおこなわれる。

タワー接合用ボルトに対して、アンカーボルトでは強度区分8.8,10.9で大臣認定を取得している。アンカーボルトはコンクリートに埋め込まれた上で地中に埋め込まれる。一度施工したボルトの不具合が生じても交換は不可能となるため、少しでも遅れ破壊の可能性を減ずるために8.8としている。

但し、M36までのアンカーボルトについては特殊な熱処理を加えることにより、芯部まで十分に焼入れ、焼き戻しをすることにより、10.9の機械的性質を有するものの認定も取得している。実施工ではコンクリートとボルトの接着を防止するアンボンド工法が主流な為、紙管やシュリンクチューブ、歴青塗料塗布をすることにより、コンクリートと縁切りを行うのが一般的である。弊社では大きなボルトを製作する事は得意であるが、シュリンクチューブの施工や歴青塗料施工済みの製品の取り扱いなど不慣れな工程も有り、今後の課題でもある。

◇ 風力発電用ボルトの鋼材に求められる 今後の課題

現在、累積風力発電量で世界を大きくリードしているのがアメリカ、中国、ドイツ、スペイン、インドの五カ国である。2010年には中国が累積風力発電量で世界トップとなり、建設コストが少ないことから陸上風力発電の大規模化が積極的に進んでいる。これら海外に採用されるボルトはDIN規格といったヨーロッパの規格を中心としたボ

ルトが多い。日本のようにメーカーが国土交通大臣認定を取得することは不要で比較的自由な環境下で取引が行われている。このような環境下で最も重要視される要素はコストである。米国に建設されている風力発電には多くの韓国製ボルトが採用されており、国を問わず、指定された強度を満たす材料が採用されている。いかに安い鋼材で、安い製造工程で規格どおりのボルトを製造することが風力メーカーのボルト選定基準となる。

しかしボルトのコストが安いか高いかは単純な価格比較ではなく、ボルトそのものの品質との関係で決まると弊社では考えている。日本では洋上風力発電の建設が多く検討されている。洋上風力発電で必ず課題となる項目が錆びであり、錆びにくい鋼材、又は錆びにくい表面処理のボルトが市場から求められる。表面処理においても鋼材との相性で機械的性質に影響を及ぼす可能性がある。そのようなことからコスト、品質、ボルトの使用用途、機械的性質に及ぼす影響などを考慮した鋼材の選択肢を持つことが今後の風力発電用ボルトの鋼材メーカーに求められる課題である。



Ⅲ. 会員メーカーのエネルギー関連製品、技術

山陽特殊製鋼(株)

ごみ焼却発電
ボイラ鋼管 QSX5

まえがき

ごみ発電は、ごみ排出量増加への対応とごみ焼却時の廃熱利用の観点より、日本各地で普及が進んできました。特に1990年代には、廃棄物のエネルギー利用を高度化するために、関係省庁や大学、企業において高効率廃棄物発電技術開発が進められ、以降、ごみ発電施設数と発電量ともに増加の一途を辿っています。

ごみ発電における技術的課題の一つとして、燃焼ガスに含まれる腐食性物質によるボイラ鋼管の高温腐食対策が挙げられます。ごみの燃焼ガスの中には、塩化水素ガスや二酸化硫黄ガスなどのほかに、焼却飛灰として低融点の塩化物や硫酸塩が含まれ、これらがボイラ鋼管の腐食を引き起こします。燃焼ガス雰囲気成分の多様性に応じ、腐食反応は塩化/硫化/酸化が複合する複雑かつ顕著なもので、このため以前は腐食速度を抑制するために比較的低い過熱蒸気条件(300℃-2.9MPa)以下に抑えられていました。高効率発電のためには、過熱蒸気条件の高温高圧化が必須であり、より高い温度域においても耐えうる高耐食ボイラ鋼管が求められていました。このような背景の下で開発されたオーステナイト系ステンレス鋼管QSX5についてその特長を紹介します。

◇ QSX5の特長

1. 化学成分

QSX5は、25Cr-20Ni系ステンレス鋼SUS310Sをベー

スに、耐高温腐食性を改善するためSiとMoを増量添加し、更に鋭敏化抑制のため低C化とNb添加したオーステナイト系ステンレス鋼です。

2. 耐高温腐食性

図1に、ごみ焼却炉内にQSX5鋼管を1ヶ月暴露した後の断面写真をSUS310S鋼管と比較して示します。SUS310Sでは、堆積した燃焼灰により鋼管上部が著しく腐食し、鋼管外面が大きく減肉しているのに対して、QSX5では、腐食は殆ど認められません。これは、QSX5ではCrとSiの酸化物層が保護性の皮膜として作用し、腐食を抑制したためと考えられます。

3. 耐食性

QSX5は、塩化物に対する耐孔食性や硫酸に対する耐全面腐食性についてもSUS310Sより優れており、炉停止時期の酸腐食に対しても優れた耐食性を示します。

◇ QSX5の適用事例

QSX5は、最高使用温度(メタル)が475℃のごみ焼却発電プラント用ボイラ鋼管材料として承認されており、多数のごみ発電施設に採用いただいています。

むすび

QSX5は、ごみ焼却炉のような厳しい高温腐食環境での耐食性を高めた開発鋼です。QSX5の適用により、実炉環境で生じる全面腐食と粒界腐食がSUS310Sに比べて大幅に低減されました。現在では、このような新しいごみ焼却発電ボイラ鋼管が採用されることで、過熱蒸気条件は400℃-4MPaクラスが標準となっており、高効率発電に寄与しています。

〔山陽特殊製鋼(株) なかま かずお〕
〔研究・開発センター高合金鋼グループ 中間 一夫〕

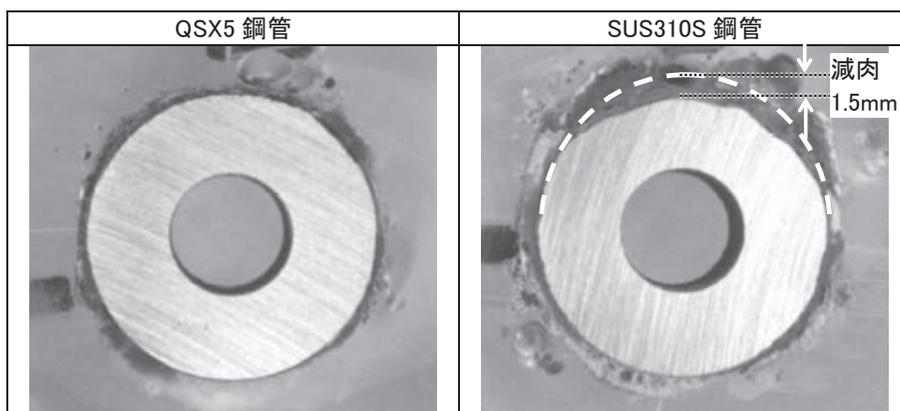


図 1 ごみ焼却炉内(ガス温度640℃)に1ヶ月暴露した後の鋼管断面写真

エネルギープラント向け 極厚クロムモリブデン鋼板

まえがき

発電設備や石油精製装置などのエネルギープラントでは種々の厚鋼板が使用されているが、近年、プラントの大型化と施工の効率化のニーズから、使用される鋼材に対しても厚肉化、広幅化および長尺化による製品重量の大単重化が志向されている。さらに、世界的なエネルギー需要の増大から、エネルギープラントの建設が活発化しており、高性能鋼のニーズが高まっている。JFEスチールではこのようなニーズに応えるため、極厚クロムモリブデン鋼板を商品化している^{1), 2)}。

◇ 極厚Cr-Mo鋼板の製造技術

JFEスチールでは大単重極厚鋼板素材の製造に対して、連続鋳造プロセスと120tonまでの大型鋼塊を製造できる造塊プロセスを有している。また、分塊圧延機と厚板圧延機に加えて、6,000tonの自由鍛造プロセスを有しており、高品質の極厚大単重鋼の製造が可能である^{1), 2)}。さらに、厚さ400mmまでの極厚鋼板の台車式熱処理炉による高温熱処理(～1050℃)および水槽浸漬による焼入れ熱処理設備を保有し²⁾、広幅・長尺の大単重熱処理材の製造に対応している。

◇ 極厚高性能1.25Cr-0.5Mo鋼

1.25Cr-0.5Mo鋼はエネルギー分野の幅広い用途で使用されており、溶接後熱処理(PWHT)条件が高温・長時間化されるとともに、板厚中心(1/2t)位置を含めて靱性要求が厳格化される傾向にある。当社では、これらのニーズに対応した各種の極厚1.25Cr-0.5Mo鋼

表 1 極厚1.25Cr-0.5Mo鋼(SA-336-11-3)の化学成分と機械的性質

板厚 (mm)	化学成分(mass%)							
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	その他
279	0.14	0.54	0.59	0.003	<0.001	1.44	0.60	Cu,Ni,Ti,B

板厚 (mm)	PWHT	引張特性					シャルピー特性				
		位置 -方向	降伏点 (MPa)	引張強さ (MPa)	伸び (%)	絞り (%)	位置 -方向	vE0℃ (J)	vE-8℃ (J)		
279	691℃ ×20h	1/4t-C	374	543	29	76	1/4t-L	404	265		
		1/2t-C	381	561	29	74	1/2t-L	329	168		
		1/2t-Z	-	560	-	73	-	-	-		
	691℃ ×4h	1/4t-C	400	563	29	76	1/4t-L	414	313		
		1/2t-C	403	580	29	71	1/2t-L	118	243		
		1/2t-Z	-	580	-	64	-	-	-		

SA-336Gr.11 Cl.1 規格:降伏点≧310MPa, 517≦引張強さ≦690MPa, 伸び≧18%, 絞り≧40%

を商品化している。

一例として、板厚279mmの造塊-鍛造-厚板圧延-熱処理(Q-T)プロセスによって製造した1.25Cr-0.5Mo鍛鋼品(SA-336 Gr.11 Cl.3)の成分と母材の機械的性質を表1に示す。ASME規格を十分に満足するとともに、1/2t位置において、-10℃における高いシャルピー吸収エネルギーが得られている。また、1/2t位置の板厚方向(Z方向)引張試験において高い破断絞り(RA)値が得られており、良好な板厚中心内質特性を有している。

◇ 極厚高強度2.25Cr-1Mo-V鋼

造塊-分塊圧延-厚板圧延-熱処理(N-Q-T)プロセスによって製造した板厚210mmの極厚高強度2.25Cr-1Mo-V鋼(ASME SA-542 Gr.D Cl.4a)の成分と機械的特性を表2に示す。不純物元素の低減とマイクロアロイ元素の活用による成分設計および極厚鋼の圧延・高温熱処理技術により、長時間PWHT後においても優れた強度・低温靱性を有するとともに、良好な耐焼戻脆化特性が得られている。また、712℃×34.3hのPWHT後も十分な高温特性を有している。

最新の極厚鋼製造技術とマイクロアロイ技術を活用して製造した極厚クロムモリブデン鋼板は、各種エネルギープラント用に厚板規格のみならず、鍛鋼品規格として適用実績を挙げている。従来鋳鋼品が使用されていた部位に溶接構造用厚板製品としても適用され、構造物としてのコスト低減に寄与しており、今後幅広く適用されることが期待される。

参考文献

- 1) 荒木清己ほか、圧力技術、2003、vol.41、no.4、P.168-175
- 2) 荒木清己ほか、JFE技報、2012、no.29、P.54-60

JFEスチール(株) にしむら きみひろ
厚板セクター部 西村 公宏

表 2 極厚2.25Cr-1Mo-V鋼(ASME SA-542 Gr.D Cl.4a)の化学成分と機械的性質

板厚 (mm)	化学成分(mass%)									
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	その他	
210	0.14	0.04	0.55	0.009	0.001	2.41	1.07	0.32	Cu,Ni,Nb,Ti,B	

板厚 (mm)	PWHT	引張特性					シャルピー特性				
		位置 -方向	降伏点 (MPa)	引張強さ (MPa)	伸び (%)	絞り (%)	位置 -方向	vE-29℃ (J)	vE-50℃ (J)		
210	712℃ ×34.3h	1/4t-C	499	625	26	78	1/4t-C	288	190		
		1/2t-C	490	617	26	79	1/2t-C	189	159		
		1/2t-Z	396*	476*	-	-	-	-	-		
	698℃ ×7h	1/4t-C	557	673	26	79	1/4t-C	240	196		
		1/2t-C	549	665	25	78	1/2t-C	205	108		
		1/2t-Z	-	679	-	76	-	-	-		

*454℃における引張特性

SA-542Gr.D Cl.4a 規格:降伏点≧414MPa, 587≦引張強さ≦758MPa, 伸び≧18%
降伏点(454℃)≧338MPa(Sy), 引張強さ(454℃)≧456MPa(0.9Su)
vE-18℃≧55J, vE-29℃≧55J (API RP 934-A)

スーパーダイヤモンド®を用いた 太陽光発電設置用架台

まえがき

当社では、新エネルギー産業に関連した各種の鋼材開発を行っております。代表的な特殊鋼鋼材の使用例としては、海上風力発電ステーションの係留に用いられるオフショアチェーン用鋼材、太陽光発電パネル用シリコンウエハーの切断に欠かせないソーイングワイヤー鋼材等がありますが、それ以外のあらゆる場面で当社鉄鋼製品が使用されています。

本稿では、環境負荷低減に配慮した製品・サービス（エコプロダクツ）として、第10回エコプロダクツ大賞「エコプロダクツ大賞推進協議会会長賞（優秀賞）」を受賞した、高耐食性亜鉛めっき鋼板「スーパーダイヤモンド®」について紹介します。

◇ スーパーダイヤモンド®の特徴

1. 高耐食Zn-Al-Mg-Siめっき鋼板（スーパーダイヤモンド®）の特徴・効果

スーパーダイヤモンド®（写真1）は、表面に亜鉛を主成分に、約11%のアルミニウム（Al）、約3%のマグネシウム（Mg）、微量のシリコン（Si）からなる合金めっきを施し、従来商品（溶融亜鉛めっき鋼板）と比較して優れた耐食性を保有する高耐食性めっき鋼板です。

i. 切断面への防食機能の付与

犠牲防食（*）により溶出しためっき層は緻密で保護性のある腐食生成物を形成し、その腐食生成物が切断面を覆うことにより長期にわたって素地鉄の腐食を防止できます

〔*めっき層に、万一、キズが発生し、素地の鉄が露出したとしても、キズの周囲のめっき層が「鉄より先に溶け出して」電気化学的に保護するため、鉄を腐食させない作用のこと。〕

ii. 鋼材の長寿命化

従来の亜鉛めっきにアルミニウム、マグネシウム、シリコンを添加し、それらの複合効果で耐食性が従来の溶融亜鉛めっき鋼板の約4倍に向上し、

鋼材の長寿命化が図られました。

iii. 鋼材の薄手軽量化

鋼板を切断または加工した後に溶融亜鉛めっきを施す、いわゆる後めっき鋼板については、めっき処理の過程でめっき浴温と同程度（約450度）まで昇温するため、鋼材の板厚を増す等の熱変形対策の必要がありました。スーパーダイヤモンド®はプレめっき鋼板であり、切断端面の耐食性も優れていることから、鋼材の熱変形を考慮する必要が無く、板厚のゲージダウンが可能であり、設計の最適化等、お客様でのコストダウンに寄与しております。

2. ソーラーパネル設置用架台への採用拡大

「スーパーダイヤモンド®」はその優れた耐久性、経済性により、再生可能エネルギーとして注目されている太陽光発電向けのソーラーパネル設置用架台への採用が拡大しています。錆びにくく、長期間使用できる「スーパーダイヤモンド®」を採用することにより、製品の耐久性は高まり、結果的に使用する資源を大幅に削減することができます。

また、高い耐食性を有する「スーパーダイヤモンド®」の使用は、耐食性を担保しつつ鋼板の厚みを薄くすることで鋼材使用量の飛躍的な削減（約1/3）を実現し、省資源化に寄与しています。使用鋼材の削減によるコスト削減、及び施工工期の短縮は、太陽光発電事業の事業実現性を後押しし、現在の太陽光発電普及の一助となると共に、太陽光発電の推進を通じて再生可能エネルギーの拡大に寄与しています。



写真1 スーパーダイヤモンド®のソーラーパネル架台
使用例

“特集” 編集後記

今回の特集は新エネルギーとして期待される風力発電にスポットライトを当て、その技術動向や特殊鋼の使用状況について編集しました。地球温暖化防止のためにCO₂排出量を削減できる自然エネルギー利用への取り組みが加速しており、タイムリーな話題を提供できたと思います。一方、新エネルギーには太陽光、太陽熱、波力、風力、バイオマス等、多くの種類があるにもかかわらず、何故、風力発電なのか？と疑問を持たれた読者もおられたと思います。I章の「新エネルギー産業における特殊鋼需要」に記載されていますように、特殊鋼需要の大きさから考えると風力発電が最有力であることがその理由です。

I章の総論では、風力発電を取り巻く環境、現

在の普及状況や今後の展望について解説して頂きましたので、風力発電に関する理解度も深まったものと思います。II章では、風力発電を構成する主要部品の機能や技術開発動向とそれらに使用される鉄鋼材料について解説して頂きましたので、特殊鋼業界の方々にとっても関心の高い内容であると思います。III章では、エネルギー産業に関連する新商品や新技術の紹介もしていますので、是非ご一読お願いします。

最後になりましたが、ご多忙の中本特集にご寄稿頂いた皆様、編集にご協力頂いた関係者の方々に厚く御礼申し上げます。

〔(株)神戸製鋼所 小椋 大輔〕
線材条鋼商品技術部

業界のうごき

カネヒラ鉄鋼、タイ現法移転拡張 売上10億円に引き上げ

カネヒラ鉄鋼は、11月をめぐりにタイ現地法人のカネヒラ・スチール・タイを現在のバンコク市からサムトプラカーン県バーンプリーに移転し、構造用鋼などの在庫販売を開始する。投資額は約3億3,000万円。ユーザーの海外移転への対応や、伸長するアジア地域の需要を確実に獲得するため、現地法人の機動力強化を図り、2、3年後をめぐりに現地売上高を現在の約6億円から約10億円規模に引き上げる計画。

移転先の敷地面積は、3,838平方メートルで、うち倉庫および事務所建屋面積が2,596平方メートル。鋼材の在庫能力は最大4,000トンで、切断機2基（丸鋸盤、帯鋸盤各1基）を新たに導入。人員も現在の4人から9人体制に拡充する。

当面は、日本材を主体に700トン程度を在庫し、ユーザーの需要動向を見極めながら、海外材などの扱いも検討する。（4月24日、産業新聞）

大同DMソリューション 海外事業を拡充

大同DMソリューションは、需要の伸びが期待できる海外事業に力を入れていく。5月には日系自動車メーカーの進出が相次いでいるメキシコに現地法人を設立した。

アセアンでは大同特殊鋼などとの海外合弁企業6社への技術支援を強化していく。マレーシアでは、約6億円を投じて新工場を建設。タイ、インドネシア、ベトナムでも今年度中の設備投資を計画している。

メキシコの現地法人（Daido.DMS.Mexico S.A.deC.v.）は、資本金1千万円で同社の単独出資で設立する。日系自動車メーカーが集積するアグアスカリエンテス州に事務所を開設

し、駐在員2人で現地のニーズを調査する。

海外合弁企業への技術支援では、ユーザーからQCDへのさらなる要求が高まる中、生産性、品質管理レベル、歩留まりなどの向上に向け新たに技術支援契約を各社と個別に締結した。（4月14日、鉄鋼新聞）

大洋商事、中国事業強化 上海市に営業拠点を開設

大洋商事は、中国事業強化の一環で、5月1日に上海市に営業拠点を開設する。100%出資の販売会社「大洋商貿（平湖）」が、上海市虹橋地区に上海出張所を開設。営業機能の中心を上海に移し、華東地区の販売強化を図る。

大洋商事は中国2社、タイ、韓国に各1社の海外子会社を持つ。中国では平湖経済開発区に04年設立の加工メーカー、大洋特殊金属（浙江）、06年設立の大洋商貿（平湖）があり、大洋特殊金属は機械加工の設備投資も検討している。

海外子会社の月商規模は中国2社合計が1億5千万円、タイ（サイアム大洋商事）が5千万円。検査業務の韓国（大洋コリア）は売上規模が小さいが、将来は商社機能も持つ計画。今後も東南アジアでの拠点拡充策を検討する。（4月30日、鉄鋼新聞）

大和特殊鋼、 厚中板加工工場を増築

大和特殊鋼は、厚中板を加工している春日工場（兵庫県丹波市春日町）を増築する。工場面積を2割強増やし二層鋼や高合金鋼の在庫を拡充する。4月初旬に着工しており、竣工は7月末の予定。

ステンレス棒鋼を主に販売してきた同社は、1999年に春日工場を開設し本格的にステンレス厚中板の加工に進出。現在、レーザーおよびブラ

ズマ切断機を各3基設置し、残材も含め約2千トンを在庫している。業容の拡大で工場が手狭になっていることやユーザーニーズの多様化で在庫の拡充が必要なことから増築することにした。

今回増築する部分は800平方メートル。二層鋼や高合金鋼を約400トン在庫する。また同時に事務所（2階建て、延べ床面積240平方メートル）も新築。現在の事務所は取り壊し、今回新たに取得した隣接地（約600平方メートル）と合わせ駐車場および通路にする。（5月7日、鉄鋼新聞）

孟鋼鉄、社内システム刷新を図る 統一モノづくり強化

孟鋼鉄はモノづくり強化に向け、新社内システムの構築に取り組んでいる。佐藤豪洋・部品部（自動車・工作機械担当）部長をリーダーとするプロジェクトチームを結成、夏場の完成を目指している。

同社は中部地区の大手特殊鋼流通。構造用鋼などの特殊鋼販売やプラスチック、ダイキャスト用金型鋼などの加工、販売を行っている。特に小牧事業所の自動立体倉庫と三好事業所の大規模切断・加工は業界でも屈指の規模を誇っており、600を超えるユーザーのニーズに逐一対応している。

ただ社内システムについては、これまで別々に組んでいたため統一性がなかったことから、新システムの立ち上げに向け昨年7月から検討に着手、具体化に向けて動き出した。

計画では「モノづくり力のアップ」をターゲットに生産管理、資材調達、在庫管理の3つを強化するシステムを目指す。（4月7日、産業新聞）

辰巳屋興業、インドネシア鍛造合弁 建屋完成、5月本稼働

辰巳屋興業は初めての海外生産拠

業界のうごき

点、インドネシア現地法人の稼働を5月に開始する。間もなく設備導入に取り掛かるほか複数のベテラン技術者を採用し、高品質熱間鍛造品の安定供給体制づくりを進める。

辰巳屋興業のほか台湾企業など計4社が出資して設立した現地合弁「PT. KINGDAUN Industrial Indonesia (KDII)」は、インドネシア・バンドン地区に拠点を構え熱間鍛造品の製造、加工、販売を手掛ける。

辰巳屋興業では資本金1千万ドル(約10億2千万円)のうち2割を負担するほか、素材の供給や管理などを担う。昨年8月に法人設立の認可を得て以降、KDIIでは工場建屋の建設に着手、足元ではほぼ完成段階にある。これに伴って4月中旬から設備の設置に取り掛かり、2千トンプレス機や1.3トンハンマー等、順次導入して、5月の本稼働を目指す。

(4月1日、鉄鋼新聞)

千曲鋼材・茨城事業所 特殊鋼鋼板加工を強化

千曲鋼材は、茨城事業所(茨城県常陸大宮市)の工場レイアウト改善、切断機更新など最適生産体制の構築を検討している。完全子会社の茨城チクマ(茨城事業所内)が、1月に鉦山開発用ダンプトラックのベッセル(荷台)を生産開始。溶断加工から大型製品品の溶接組み立てまで事業領域を拡大したのを機に、よりニーズに即した効率的な加工体制を整えていく。茨城事業所と茨城チクマの人事交流も最適生産体制の構築につなげていく方針だ。

同社茨城事業所はコマツ向け主体の加工拠点で、レーザー・プラズマをはじめ各種切断機、開先機などを揃える。茨城チクマは、13年末に生産中止したNS富田(清算手続き中)から事業を継承し、1月からコマツ茨城工場向けにベッセル生産を開始した。

主な加工設備はロボット溶接機4基、大型塗装ブース1基、半自動溶接機30台など。(5月15日、鉄鋼新聞)

東信鋼鉄、西日本支店 16年第2期工事に着手

東信鋼鉄は、広島県竹原市の「竹原工業・流通団地」に昨年12月から建設を進めていた新工場が完成した。「西日本支店」として5月7日から本格営業運転を開始する。中国・四国・九州の西日本全域をカバーし、自動車、建設機械、工作機械など製造業向けに、特殊鋼、普通鋼、非鉄金属製の板材を顧客の求める寸法に6面フライス加工した「カスタムプレート」を販売する。また、2年先をめぐり、同敷地内で第2期工事にも着手し、工場を倍の広さに拡張する。

完成した新工場は敷地面積約9,000平方メートルで、建築面積は鉄骨造平屋工場・事務所約1,600平方メートル。工場内には2・8トン天井走行クレーン4基を備え、カスタムプレート加工のための切断機とフライス盤計11台を配する。

同社として西日本初の加工拠点で、同地区におけるカスタムプレートの従来顧客への短納期対応と新規顧客開拓が狙い。(5月2日、産業新聞)

南海鋼材、産機メンテに本格参入 事業会社設立、海外展開も視野

南海鋼材は、産業機械のメンテナンス事業に本格参入する。4月1日付で鍛造プレス機などのメンテナンスをメインに行う事業会社「NKメンテック」を設立し、稼働を開始。海外展開も視野に入れながら、3～4年後をめぐり年間売上高として2億5,000万円規模を目指す。新たな軸となる事業育成を進め、将来的な需要の構造変化に対応できる企業体質の構築につなげる。

新会社は本社を南海鋼材本社内

に、事業所を名古屋事業所(名古屋市北区)内にそれぞれ設置。資本金は1,000万円で、事業内容は機械の改修や改造、移設、撤去など産業機械のメンテナンスがメインで、対象機種としては縦型鍛造プレスや横型鍛造プレス、油圧プレス、切断機など。南海鋼材では、さらに鍛造設備などの機械メンテナンスを加えることで、本格的なメンテナンス事業に着手する形になった。

(5月7日、鉄鋼新聞)

日立金属工具鋼、7月から取引先と 汎用工具鋼で電子商取引

日立金属工具鋼は主に全国の取引先流通(特定の工具鋼販売店)との間で、工具鋼汎用鋼種の電子商取引を7月から開始する。取引先流通が日立金属工具鋼の在庫をリアルタイムで紹介でき、見積もりや発注も行えるシステム「HAGANET」(ハガネット)を構築した。日立金属工具鋼、取引先流通の双方が業務効率化や迅速化を図るとともに、ソリューション営業などきめ細かい仕入れ・販売業務に一段と注力できるようにするのが狙い。

ハガネットは汎用工具鋼20鋼種の黒皮定尺材・切断材を対象に、取引先流通(約300事業所)を中心に一部需要家を含む全国300～400事業所との間でスタートする。

ハガネットにより、取引先流通は納期・金額の確認、購入履歴照会や見積書、納品書の印刷もできる。日立金属工具鋼は5月から取引先流通2社との間で先行運用を行い、7月から全国展開する。

(4月9日、鉄鋼新聞)

神鋼、加古川製鉄所 溶銑予備処理工場が稼働

神戸製鋼所は加古川製鉄所に建設した溶銑予備処理工場が稼働したと

業界のうごき

発表した。高級鋼製造に不可欠な溶銑予備処理の適用率を従来の4割からほぼ100%に高められるようになる。これまで予備処理能力ネックから受注拡大が難しかった自動車用の特殊鋼線材や高張力鋼板（ハイテン）、エネルギー産業向け厚板といった同社のオンリーワン製品の増産を目指す。

新工場は主要設備として、「KR」と呼ばれる機械攪拌式の脱硫設備2基と脱リン炉1基を備える。

投資額は約300億円。既存のトピードカー（溶銑輸送車）方式による溶銑予備処理と組み合わせて活用する。

溶銑予備処理は溶銑中のリンなど不純物をあらかじめ取り除く工程。同処理比率を高めると、次工程の製鋼工場での鋼の純度を高める効果が増し、溶銑の不純物除去に必要な生石灰などの使用量が減るためコスト削減につながる。

（4月23日、鉄鋼新聞）

新日鐵住金、鍛造クランクシャフト 世界4極、初の1,000万本へ

新日鐵住金は、世界4極における自動車用鍛造クランクシャフトを生産・販売で、14年度に初の1千万本を計画する。日米中は需要好調を受けてフル生産が見込まれる。インド自動車市場の成長鈍化により印拠点の稼働は低い、需要好調な北米、東南アジア向け輸出を今期から始め、稼働水準を引き上げる。13年度の世界4極合計は880万本で、今期は約13%増える見通しだ。

13年度の拠点別生産は日本400万本、米国250万本、中国190万本、インド40万本。14年度は日本410万本、米国280万本、中国200万本、インド100万～110万本を見込む。日本、米国は完全フル操業で、中国もほぼフル操業となる。

日本では完成車生産の水準が安定している上にKD輸出の増加が追い風になる。印拠点は5割稼働にとどまるが、世界4極合計で9割稼働を実現する。

（4月19日、鉄鋼新聞）

大同、知多に新型高速鍛造機 品質向上、コスト減

大同特殊鋼は、自動車部品向けを主体とする型鍛造事業の戦略投資として、知多型鍛造工場（知多工場内）に熱間高速横型鍛造機1基を新設すると発表した。鍛造荷重1,300トンで製造能力は月間約1千トン。事前に冷間切断して鍛造する方式を横型としては初めて採用。2015年4月をめどに営業運転を開始する。

同社の熱間高速横型鍛造機は、現在15基（国内10基、米国5基）が稼働しており、主に自動車部品、軸受部品を生産している。新設する鍛造機は、従来の横型と縦型の強みを組み合わせた新技術を開発して織り込み、製品の品質向上とコスト削減が図れるのが大きな特徴。

具体的には棒鋼素材を鍛造機内で熱間切断している態勢から、事前に冷間切断して鍛造する方式に改善する。これにより切断時に発生する素材の変形が極端に減少し、鍛造後の製品寸法精度が大幅に向上する。

（4月24日、鉄鋼新聞）

日本金属、高精度異形鋼を増産 福島工場圧延、焼鈍ライン

日本金属は、自動車部品用高精度異形鋼の増産体制を敷くため、福島工場で異形圧延機、焼鈍ラインを各1基増設する。圧延機は10月、焼鈍ラインは12月に稼働開始する予定。

いずれも既存設備と同様に全長自動キズ検査装置をインラインで組み込む。高精度異形鋼を新中期計画（14～16年度）における新事業戦略の主力製品の一つに位置付け、16年度に現行比

6倍増の生産・販売拡大を目指す。

高精度異形鋼はロール圧延で生産するため、切削加工やプレス加工に比べて生産性が高いうえに、切削加工と同等の寸法精度を確保でき、ユーザーのコスト低減に寄与する。

主な用途は自動車用無段変速機部品で、世界的な市場拡大を背景に、13年度4億5千万円から16年度25億円への売上拡大を計画する。福島工場では今年末までに専用圧延機、焼鈍ラインを増設。（4月7日、鉄鋼新聞）

不二越、超硬ドリル 小径サイズ拡充

不二越はこのほど、高能率深穴加工用超硬ドリル「アクアドリルEX オイルホールロング」に直径1.0～2.9ミリメートルの小径サイズのラインナップを拡充したと発表した。炭素鋼・合金鋼・鋳鉄・ステンレスなどの小径穴明け加工ニーズに対応する。深穴ドリル加工の求心性を高め、小径深穴あけ性能を向上させる専用ガイド穴加工用超硬ドリル「アクアドリルEX オイルホールパイロット」の小径シリーズも追加した。売上高は年間1億円を目指す。2016年までに超硬ドリルの国内シェアを20%超まで引き上げたい考え。

近年の部品の小型化・高機能化に伴い、加工は微細化が進み、小径穴明け加工の需要が拡大している。小径穴あけ加工では、切りくずに起因するドリル折損の問題などから、靱性の高いハイスドリルが主流になっているが、より高能率で安定加工が可能な超硬ドリルのニーズも急速に高まっている。（4月21日、産業新聞）

おこたわり：この欄の記事は、最近月における業界のおよその動向を読者に知らせる目的をもって、本誌編集部において鉄鋼新聞ほか主要な業界紙の記事を抜粋して収録したものです。

特殊鋼統計資料

特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別生産の推移

鋼種別

(単位：t)

年月	工具鋼	構造用鋼			特殊用途鋼						合計	
		機械構造用炭素鋼	合金鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ステンレス鋼	快削鋼	高抗張力鋼	その他		
'12 暦年	226,595	4,583,118	3,934,190	8,517,308	425,252	976,986	2,822,820	701,970	5,607,620	617,671	11,152,319	19,896,222
'13 暦年	246,149	4,572,676	3,871,149	8,443,825	430,297	936,673	2,857,369	692,010	5,705,091	648,243	11,269,683	19,959,657
'12 年度	227,588	4,388,544	3,747,493	8,136,037	417,525	883,781	2,807,953	691,323	5,636,639	597,540	11,034,761	19,398,386
'13 年度	253,463	4,732,925	3,985,769	8,718,694	435,711	995,693	2,922,735	691,101	5,702,462	692,726	11,440,428	20,412,585
'13. 4-6月	59,894	1,145,358	1,001,270	2,146,628	108,989	247,525	712,123	175,689	1,436,443	164,835	2,845,604	5,052,126
7-9月	63,802	1,186,433	997,471	2,183,514	108,808	243,088	723,930	164,198	1,462,651	173,962	2,876,637	5,123,953
10-12月	65,290	1,199,297	981,694	2,180,991	108,348	255,293	732,679	174,882	1,390,934	170,622	2,832,758	5,079,039
'14. 1-3月	64,477	1,202,227	1,005,334	2,207,561	109,566	249,787	754,003	176,332	1,412,434	183,307	2,885,429	5,157,467
'13年 3月	20,448	378,224	328,504	706,728	42,222	75,233	238,986	68,020	513,500	58,557	996,518	1,723,694
4月	16,847	374,318	334,482	708,800	36,254	79,075	230,342	55,759	449,770	47,966	899,166	1,624,813
5月	21,135	389,736	334,899	724,635	33,338	84,561	231,995	61,951	498,804	63,067	973,716	1,719,486
6月	21,912	381,304	331,889	713,193	39,397	83,889	249,786	57,979	487,869	53,802	972,722	1,707,827
7月	22,455	404,139	328,704	732,843	40,520	85,406	239,450	55,251	500,100	59,458	980,185	1,735,483
8月	19,333	371,614	330,500	702,114	31,220	73,450	232,161	49,336	488,078	53,652	927,897	1,649,344
9月	22,014	410,290	338,267	748,557	37,068	84,232	252,319	59,611	474,473	60,852	968,555	1,739,126
10月	24,346	398,524	332,049	730,573	37,348	89,189	249,753	58,895	449,757	63,257	948,199	1,703,118
11月	20,032	399,367	329,440	728,807	35,506	87,086	230,097	59,836	503,607	52,261	968,393	1,717,232
12月	20,912	401,406	320,205	721,611	35,494	79,018	252,829	56,151	437,570	55,104	916,166	1,658,689
'14年 1月	21,885	408,332	335,530	743,862	37,612	77,780	254,372	54,972	484,915	55,282	964,933	1,730,680
2月	19,960	374,301	315,210	689,511	35,642	83,376	231,552	55,609	439,496	52,600	898,275	1,607,746
3月	22,632	419,594	354,594	774,188	36,312	88,631	268,079	65,751	488,023	75,425	1,022,221	1,819,041
4月	23,678	399,403	329,085	728,488	37,896	87,167	262,335	58,079	470,308	58,803	974,588	1,726,754
前月比	104.6	95.2	92.8	94.1	104.4	98.3	97.9	88.3	96.4	78.0	95.3	94.9
前年同月比	140.5	106.7	98.4	102.8	104.5	110.2	113.9	104.2	104.6	122.6	108.4	106.3

出所：2013年12月まで『経済産業省生産動態統計』、2014年1月より経済産業省『鉄鋼生産内訳月報』から作成。

(注) 2014年1月より上記のとおり統計調査が変更されたため、それ以前の数値との連続性はない。

また、鋼種別合計と形状別合計は、出所が異なることから一致しない。

形状別

(単位：t)

年月	形鋼	棒鋼	管材	線材	鋼板	鋼帯	合計
'12 暦年	429,279	5,940,690	1,454,172	4,013,992	1,893,111	6,164,978	19,896,222
'13 暦年	420,716	5,782,384	1,413,921	4,143,965	2,122,894	6,075,777	19,959,657
'12 年度	430,247	5,607,651	1,378,459	3,913,109	1,928,292	6,140,628	19,398,386
'13 年度	386,674	5,959,248	1,469,820	4,289,571	2,106,686	6,203,452	20,415,451
'13. 4-6月	147,600	1,494,813	358,172	1,036,068	515,858	1,499,615	5,052,126
7-9月	88,792	1,474,357	366,584	1,081,776	558,232	1,554,212	5,123,953
10-12月	71,615	1,491,066	370,493	1,078,673	532,599	1,534,653	5,079,039
'14. 1-3月	78,667	1,499,072	374,571	1,093,054	499,997	1,614,972	5,160,333
'13年 3月	31,524	495,993	113,841	356,234	223,073	503,029	1,723,694
4月	45,532	469,795	132,642	341,968	166,244	468,632	1,624,813
5月	54,225	510,481	112,257	359,647	169,679	513,197	1,719,486
6月	47,843	514,537	113,273	334,453	179,935	517,786	1,707,827
7月	40,466	501,650	120,895	373,514	188,383	510,575	1,735,483
8月	24,918	455,735	135,429	334,425	181,719	517,118	1,649,344
9月	23,408	516,972	110,260	373,837	188,130	526,519	1,739,126
10月	21,175	505,082	132,313	369,363	169,753	505,432	1,703,118
11月	24,844	498,522	123,997	349,328	190,672	529,869	1,717,232
12月	25,596	487,402	114,183	359,982	172,174	499,352	1,658,689
'14年 1月	19,728	481,603	133,351	360,361	180,168	556,535	1,731,746
2月	32,626	487,382	119,051	328,043	154,840	486,745	1,608,687
3月	26,313	530,087	122,169	404,650	164,989	571,692	1,819,900
4月	28,267	502,741	126,649	366,939	192,927	510,270	1,727,793
前月比	107.4	94.8	103.7	90.7	116.9	89.3	94.9
前年同月比	62.1	107.0	95.5	107.3	116.1	108.9	106.3

出所：『経済産業省生産動態統計』から作成。

(注) 2014年1月以降の形状別合計と鋼種別合計は、出所が異なることから一致しない。

特殊鋼鋼材の鋼種別販売(商社+問屋)の推移 (同業者+消費者向け)

(単位：t)

年 月	工具鋼	構 造 用 鋼			特 殊 用 途 鋼							計	合 計
		機械構造用炭素鋼	構 造 用 金 鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ス テ ン レ ス 鋼	快 削 鋼	高 抗 張 鋼	そ の 他			
'12 暦年	360,170	3,947,624	4,068,239	8,015,863	247,191	543,614	2,976,768	176,204	91,149	25,210	4,060,136	12,436,169	
'13 暦年	321,646	3,825,120	4,018,791	7,843,911	249,017	500,921	2,984,291	195,198	109,018	39,134	4,077,579	12,243,136	
'12 年度	323,248	3,808,430	3,982,157	7,790,587	229,346	510,796	2,970,787	175,402	95,939	25,102	4,007,372	12,121,207	
'13 年度	324,404	3,879,315	4,061,105	7,940,420	267,951	513,723	3,002,125	199,622	111,431	51,971	4,146,823	12,411,647	
13年 8月	25,559	307,238	327,744	634,982	18,869	40,366	237,677	13,114	8,804	2,540	321,370	981,911	
9月	27,499	319,304	339,123	658,427	17,949	40,565	250,285	16,049	9,416	5,148	339,412	1,025,338	
10月	29,587	331,718	341,740	673,458	22,964	46,172	248,409	16,384	9,518	8,614	352,061	1,055,106	
11月	26,619	326,237	338,868	665,105	22,838	41,495	245,600	18,622	8,749	2,297	339,601	1,031,325	
12月	25,003	316,561	334,002	650,563	20,489	40,605	246,675	17,033	10,058	2,292	337,152	1,012,718	
14年 1月	25,778	317,319	334,421	651,740	24,005	41,700	249,491	15,668	9,620	8,617	349,101	1,026,619	
2月	26,093	321,348	339,084	660,432	21,239	42,839	253,386	17,244	9,145	6,137	349,990	1,036,515	
3月	27,831	330,263	348,915	679,178	27,321	44,373	263,832	17,970	9,851	5,192	368,539	1,075,548	
4月	26,122	318,908	341,416	660,324	24,679	38,251	247,023	15,969	10,078	2,268	338,268	1,024,714	
前 月 比	93.9	96.6	97.9	97.2	90.3	86.2	93.6	88.9	102.3	43.7	91.8	95.3	
前年同月比	93.7	97.7	100.1	98.9	88.5	90.7	94.1	103.3	113.8	55.2	93.7	97.0	

出所：経済産業省『鉄鋼需給動態統計調査』から作成。

特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別メーカー在庫の推移

(単位：t)

年 月	工具鋼	構 造 用 鋼			特 殊 用 途 鋼							計	合 計
		機械構造用炭素鋼	構 造 用 金 鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ス テ ン レ ス 鋼	快 削 鋼	高 抗 張 鋼	そ の 他			
'12 暦年	7,673	182,574	131,328	313,902	23,953	43,245	130,709	27,139	134,929	34,091	394,066	715,641	
'13 暦年	7,642	219,565	133,431	352,996	28,659	47,340	119,544	30,274	178,768	34,745	439,330	799,968	
'12 年度	7,695	180,446	124,271	304,717	23,748	37,634	112,706	26,790	150,073	30,459	381,410	693,822	
'13 年度	7,603	207,387	127,934	335,321	24,576	43,066	121,920	30,864	163,913	40,196	424,535	767,459	
13年 8月	6,925	196,097	129,360	325,457	21,315	40,239	127,832	28,882	183,273	32,421	433,962	766,344	
9月	7,381	214,488	133,637	348,125	24,452	41,905	123,336	26,451	154,022	35,169	405,335	760,841	
10月	8,929	224,541	141,877	366,418	26,537	42,933	130,973	34,676	182,943	41,060	459,122	834,469	
11月	7,556	216,035	132,475	348,510	22,217	45,945	113,602	36,383	198,497	29,068	445,712	801,778	
12月	7,642	219,565	133,431	352,996	28,659	47,340	119,544	30,274	178,768	34,745	439,330	799,968	
14年 1月	8,790	224,041	130,104	354,145	27,009	43,417	124,845	32,268	170,839	30,547	428,925	791,860	
2月	7,404	210,980	129,525	340,505	27,480	43,982	124,390	32,390	161,546	33,924	423,712	771,621	
3月	7,603	207,387	127,934	335,321	24,576	43,066	121,920	30,864	163,913	40,196	424,535	767,459	
4月	10,299	212,734	123,533	336,267	23,700	43,019	135,945	28,878	161,546	35,140	428,228	774,794	
前 月 比	135.5	102.6	96.6	100.3	96.4	99.9	111.5	93.6	98.6	87.4	100.9	101.0	
前年同月比	147.4	107.5	93.8	102.0	92.8	105.1	116.3	100.7	102.9	113.6	107.1	105.2	

出所：2013年12月まで『経済産業省生産動態統計』、2014年1月より経済産業省『鉄鋼生産内訳月報』から作成。

(注) 2014年1月より上記のとおり統計調査が変更されたため、それ以前の数値との連続性はない。

特殊鋼鋼材の流通在庫の推移 (商社+問屋)

(単位：t)

年 月	工具鋼	構 造 用 鋼			特 殊 用 途 鋼							計	合 計
		機械構造用炭素鋼	構 造 用 金 鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ス テ ン レ ス 鋼	快 削 鋼	高 抗 張 鋼	そ の 他			
'12 暦年	60,030	269,229	185,407	454,636	24,462	74,066	149,302	18,236	8,556	2,435	277,057	791,723	
'13 暦年	51,532	192,784	137,555	330,339	14,228	50,702	128,745	14,252	9,314	1,464	218,705	600,576	
'12 年度	58,473	255,755	170,930	426,685	22,021	64,747	146,230	21,457	8,269	2,393	265,117	750,275	
'13 年度	49,581	204,598	144,165	348,763	10,367	52,471	132,506	15,762	9,305	1,588	221,999	620,343	
13年 8月	51,939	197,703	139,225	336,928	15,315	50,466	162,952	15,795	8,920	1,955	255,403	644,270	
9月	50,079	194,971	140,214	335,185	15,439	51,704	136,684	16,193	9,253	1,878	231,151	616,415	
10月	48,010	187,477	136,187	323,664	15,039	50,914	125,709	15,612	8,760	1,644	217,678	589,352	
11月	48,376	187,481	134,882	322,363	13,556	48,586	123,065	14,808	9,079	1,721	210,615	581,354	
12月	51,532	192,784	137,555	330,339	14,228	50,702	128,745	14,252	9,314	1,464	218,705	600,576	
14年 1月	52,987	187,985	138,697	326,682	9,209	51,416	128,378	15,080	9,175	1,292	214,550	594,219	
2月	51,619	191,494	139,168	330,662	13,535	52,080	131,570	14,509	9,344	1,457	222,495	604,776	
3月	49,581	204,598	144,165	348,763	10,367	52,471	132,506	15,762	9,305	1,588	221,999	620,343	
4月	48,979	200,698	139,286	339,984	11,393	51,170	134,780	16,788	8,642	1,373	224,146	613,109	
前 月 比	98.8	98.1	96.6	97.5	109.9	97.5	101.7	106.5	92.9	86.5	101.0	98.8	
前年同月比	83.5	80.1	85.4	82.2	48.6	85.5	94.3	79.5	106.2	57.3	87.0	84.0	

出所：経済産業省『鉄鋼需給動態統計調査』から作成。

特殊鋼鋼材の輸出入推移

輸出

(単位：t)

年 月	工具鋼	構造用鋼			特殊用途鋼				その他の鋼			特殊鋼鋼材合計
		機械構造用炭素鋼	構造用合金鋼	計	ばね鋼	ステンレス鋼	ピアノ線 材	計	高炭素鋼	その他合金鋼	計	
'12 暦年	32,468	464,300	511,422	975,722	182,974	1,176,513	117,801	1,477,289	13,140	5,353,390	5,366,529	7,852,008
'13 暦年	46,815	467,652	559,899	1,027,551	187,205	1,118,549	120,628	1,426,381	13,176	5,145,102	5,158,277	7,659,025
'12 年度	33,787	463,315	528,913	992,228	181,940	1,135,905	117,144	1,434,990	13,212	5,324,302	5,337,515	7,798,519
'13 年度	49,234	474,018	580,043	1,054,061	191,652	1,130,329	135,718	1,457,698	13,215	5,402,773	5,415,988	7,976,982
'13年 7月	3,338	42,010	46,349	88,359	15,937	96,552	11,426	123,915	977	408,722	409,700	625,311
8月	3,168	43,962	45,494	89,456	15,300	91,446	16,326	123,072	674	447,545	448,219	663,916
9月	10,496	36,103	47,969	84,072	12,527	97,252	12,720	122,499	954	428,547	429,501	646,569
10月	3,766	36,591	39,205	75,797	15,637	97,273	7,134	120,044	998	457,748	458,746	658,353
11月	3,443	39,748	42,298	82,045	16,006	95,222	11,120	122,848	1,693	448,133	449,826	658,162
12月	6,432	42,742	46,092	88,834	13,980	102,180	5,604	121,764	1,218	476,641	477,859	694,888
'14年 1月	3,046	36,436	48,163	84,599	18,467	82,915	12,859	114,241	899	426,006	426,906	628,792
2月	3,256	42,062	49,166	91,227	14,145	94,050	9,115	117,310	905	525,908	526,813	738,605
3月	3,526	36,833	54,311	91,144	18,679	104,957	16,683	140,319	1,489	565,681	567,170	802,159
4月	3,604	43,650	53,521	97,171	19,180	95,205	16,142	130,527	1,229	464,267	465,496	696,798
前 月 比	102.2	118.5	98.5	106.6	102.7	90.7	96.8	93.0	82.5	82.1	82.1	86.9
前年同月比	121.6	119.0	98.1	106.5	99.6	106.2	182.3	110.9	84.9	122.8	122.6	117.8

出所：財務省関税局『貿易統計』から作成。

輸入

(単位：t)

年 月	工具鋼	ばね鋼	ステンレス鋼					計	快削鋼	その他の鋼			特殊鋼鋼材合計
			形鋼	棒鋼	線材	鋼板類	鋼管			高炭素鋼	合金鋼	計	
'12 暦年	6,876	972	988	15,546	9,898	135,655	11,368	173,454	274	26,242	333,226	359,467	541,043
'13 暦年	5,376	1,497	493	12,079	12,970	170,751	13,387	209,681	310	19,977	396,068	416,044	632,909
'12 年度	5,679	1,077	781	14,359	11,151	139,237	11,910	177,438	452	26,907	342,039	368,946	553,591
'13 年度	5,725	2,913	504	12,330	13,654	180,931	13,839	221,258	118	21,920	582,545	604,465	834,478
'13年 7月	482	26	43	1,024	1,034	13,537	1,161	16,800	11	1,309	30,135	31,445	48,763
8月	356	87	29	1,063	1,351	15,820	1,027	19,291	5	1,589	38,064	39,652	59,390
9月	365	17	43	1,237	956	10,503	898	13,637	1	2,366	30,018	32,383	46,403
10月	450	57	45	761	994	14,734	1,518	18,052	38	947	48,830	49,778	68,374
11月	429	373	43	817	903	12,546	1,237	15,545	-	1,800	31,303	33,103	49,451
12月	588	516	44	818	822	17,866	1,026	20,576	8	2,210	56,989	59,198	80,886
'14年 1月	499	365	49	1,314	1,836	14,804	1,302	19,304	17	3,050	101,575	104,624	124,811
2月	453	1,158	39	931	1,017	16,951	1,114	19,951	2	231	65,542	65,773	87,338
3月	496	126	32	1,109	1,633	18,829	1,019	22,793	-	3,058	87,813	90,871	114,285
p4月	707	69	86	1,130	992	17,950	1,556	21,715	-	1,599	52,161	53,760	76,251
前 月 比	142.7	54.6	272.2	101.9	60.7	95.3	130.8	95.3	-	52.3	59.4	59.2	66.7
前年同月比	148.2	131.4	178.4	89.2	84.9	128.0	137.0	123.1	2.4	519.6	223.4	227.2	182.2

出所：財務省関税局『貿易統計』から作成。

関連産業指標推移

(単位：台)

(単位：億円)

年 月	四輪自動車生産		四輪完成車輸出		新車登録・軽自動車販売		建設機械生産		産業車輦生産		機械受注額	産業機械受注額	工作機械受注額
		うちトラック		うちトラック		うちトラック	ブルドーザ	パワーショベル	フォークリフト	ショベルトラック			
'12 暦年	9,943,077	1,266,354	4,803,591	476,919	5,369,720	785,450	6,877	147,987	114,051	12,044	88,134	52,392	12,124
'13 暦年	9,630,181	1,308,177	4,674,633	472,179	5,375,513	801,975	6,236	r148,161	r107,777	r13,538	93,232	47,742	11,170
'12 年度	9,550,883	1,237,262	4,658,649	475,364	5,210,290	759,973	6,215	140,130	r111,426	r11,937	87,026	45,932	11,398
'13 年度	9,912,403	1,333,945	4,632,178	468,925	5,692,162	843,644	6,648	r158,109	r110,214	r14,181	97,030	47,753	12,049
'13年 7月	910,246	121,821	413,898	38,380	472,108	69,272	562	r14,030	10,118	1,369	r7,762	3,081	928
8月	680,587	93,694	351,205	37,414	366,754	55,131	457	11,840	7,732	1,015	r8,161	3,921	946
9月	873,744	117,055	424,194	45,048	522,758	75,635	490	14,147	10,142	1,305	r8,075	5,849	1,007
10月	871,570	115,743	407,709	37,102	421,669	66,355	561	14,888	r9,999	1,517	r8,144	3,027	1,022
11月	846,270	116,484	415,997	39,107	457,369	78,006	519	14,099	9,585	1,302	r8,674	3,116	1,018
12月	786,720	108,684	379,276	42,115	423,210	63,190	584	13,258	8,856	1,063	r7,624	3,964	1,077
'14年 1月	860,854	110,326	326,696	30,000	496,105	61,908	559	13,346	9,101	1,152	8,435	3,450	1,005
2月	863,452	110,052	366,779	39,963	565,168	73,583	561	13,518	8,906	1,139	7,696	4,264	1,020
3月	939,823	123,161	385,948	43,680	783,384	114,933	538	14,885	10,337	1,091	9,367	8,105	1,283
4月	770,484	107,563	375,824	41,594	345,226	51,757	615	13,377	9,007	1,070	8,513	2,919	1,219
前 月 比	82.0	87.3	97.4	95.2	44.1	45.0	114.3	89.9	87.1	98.1	90.9	36.0	95.0
前年同月比	103.4	105.0	94.6	107.4	94.5	92.9	102.3	126.5	109.4	107.8	115.7	127.7	148.7

出所：四輪自動車生産、四輪完成車輸出は(一社)日本自動車工業会『自動車統計月報』、
 新車登録は(一社)日本自動車販売協会連合会『新車・月別販売台数(登録車)』、
 軽自動車販売は(一社)全国軽自動車協会連合会『軽四輪車新車販売確報』、
 建設機械生産、産業車輦生産は『経済産業省生産動態統計』、
 機械受注額は内閣府『機械受注統計調査』、産業機械受注額は(一社)日本産業機械工業会『産業機械受注状況』、
 工作機械受注額は(一社)日本工作機械工業会『受注実績調査』

特殊鋼需給統計総括表

2 0 1 4 年 4 月 分

鋼種別	項目	月 別					
		実数 (t)	前月比 (%)	前年同 月比(%)	1995年基準 指数(%)		
工 具 鋼	熱間圧延鋼材生産	23,678	104.6	140.5	106.5		
	鋼材輸入実績	707	142.7	148.2	481.1		
	販売業者	受入計	25,520	98.9	91.0	124.1	
		販売計	26,122	93.9	93.7	128.2	
		うち消費者向	19,380	92.9	89.6	206.5	
		在庫計	48,979	98.8	83.5	135.9	
	鋼材輸出船積実績	3,604	102.2	121.6	100.6		
	生産者工場在庫	10,299	135.5	147.4	91.9		
	総在庫	59,278	103.7	90.3	125.7		
	熱間圧延鋼材生産	728,488	94.1	102.8	134.2		
鋼材輸入実績	30,973	69.3	144.0	2032.5			
構 造 用 鋼	販売業者	受入計	651,545	93.4	99.5	197.2	
		販売計	660,324	97.2	98.9	201.4	
		うち消費者向	441,176	99.5	99.9	206.4	
		在庫計	339,984	97.5	82.2	141.5	
	鋼材輸出船積実績	97,171	106.6	106.5	574.0		
	生産者工場在庫	336,267	100.3	102.0	112.3		
	総在庫	676,251	98.9	91.0	125.3		
	熱間圧延鋼材生産	37,896	104.4	104.5	89.0		
	鋼材輸入実績	69	54.6	131.4	-		
	ば ね 鋼	販売業者	受入計	25,705	106.4	87.8	172.3
販売計			24,679	90.3	88.5	165.7	
うち消費者向			5,958	99.6	61.1	48.0	
在庫計			11,393	109.9	48.6	358.5	
鋼材輸出船積実績		19,180	102.7	99.6	151.6		
生産者工場在庫		23,700	96.4	92.8	73.8		
総在庫		35,093	100.4	71.7	99.4		
熱間圧延鋼材生産		262,335	97.9	113.9	97.1		
鋼材輸入実績		21,715	95.3	123.1	557.1		
ス テ ン レ ス 鋼		販売業者	受入計	249,297	94.2	96.2	166.0
	販売計		247,023	93.6	94.1	165.4	
	うち消費者向		52,579	87.6	71.1	92.3	
	在庫計		134,780	101.7	94.3	121.9	
	鋼材輸出船積実績	95,205	90.7	106.2	93.6		
	生産者工場在庫	135,945	111.5	116.3	92.4		
	総在庫	270,725	106.4	104.2	105.0		
	熱間圧延鋼材生産	58,079	88.3	104.2	65.6		
	快 削 鋼	販売業者	受入計	16,995	88.4	112.4	101.0
			販売計	15,969	88.9	103.3	96.5
うち消費者向			15,654	90.3	104.0	110.0	
在庫計			16,788	106.5	79.5	73.3	
生産者工場在庫		28,878	93.6	100.7	128.5		
総在庫		45,666	97.9	91.7	100.7		
熱間圧延鋼材生産	470,308	96.4	104.6	200.8			
高 抗 張 力 鋼	販売業者	受入計	9,415	96.0	107.9	76.0	
		販売計	10,078	102.3	113.8	81.6	
		うち消費者向	7,198	99.4	112.3	133.7	
		在庫計	8,642	92.9	106.2	65.2	
	生産者工場在庫	161,546	98.6	102.9	96.4		
	総在庫	170,188	98.3	103.0	94.1		
熱間圧延鋼材生産	145,970	89.0	114.9	62.3			
そ の 他	販売業者	受入計	39,003	77.9	94.3	314.9	
		販売計	40,519	81.7	87.5	328.2	
		うち消費者向	36,968	101.5	106.1	686.8	
		在庫計	52,543	97.2	84.5	396.5	
	生産者工場在庫	78,159	93.9	108.8	46.6		
	総在庫	130,702	95.2	97.5	72.3		
特 殊 鋼 鋼 材 合 計	熱間圧延鋼材生産合計	1,726,754	94.9	106.3	128.1		
	鋼材輸入実績計	76,251	66.7	182.2	964.1		
	販売業者	受入計	1,017,480	93.3	98.2	178.0	
		販売計	1,024,714	95.3	97.0	180.1	
		うち消費者向	578,913	97.9	96.0	171.9	
		在庫計	613,109	98.8	84.0	138.6	
	鋼材輸出船積実績計	696,798	86.9	117.8	207.6		
生産者工場在庫	774,794	101.0	105.2	101.6			
総在庫	1,387,903	100.0	94.6	115.2			

出所：鋼材輸入実績及び鋼材輸出船積実績は財務省関税局『貿易統計』、
それ以外は経済産業省『経済産業省生産動態統計』、『鉄鋼生産内訳月報』、但し総在庫は特殊鋼倶楽部で計算
(注) 1. 熱間圧延鋼材生産、生産者工場在庫及び総在庫は、2014年1月より『経済産業省生産動態統計』から『鉄鋼生産内訳月報』
に変更されたため、それ以前の数値との連続性はない。
2. 鋼材輸入実績は速報値を掲載。構造用鋼の鋼材輸入実績とは高炭素鋼の棒鋼及び合金鋼の棒鋼、線材を加算したもの。
3. 総在庫とは販売業者在庫に生産者工場在庫を加算したもの。生産者工場在庫は熱間圧延鋼材のみで、冷間圧延鋼材及び
鋼管を含まない。また、工場以外の置場にあるものは、生産者所有品であってもこれを含まない。

倶楽部だより

(平成26年4月11日～6月10日)

総会 (5月28日)

- ①平成25年度事業報告書の承認
- ②平成25年度決算報告書の承認
- ③平成26年度事業計画書の承認
- ④平成26年度収支予算書の承認
- ⑤平成26年度入会金及び会費・賦課金徴収方法の承認
- ⑥新任理事の選出
- ⑦特殊鋼倶楽部定款変更の承認

理事会 (5月14日)

総会付議事項の承認

運営委員会

- ・総務分科会・財務分科会 (5月1日)
 - ①平成25年度事業報告(案)・決算報告(案)
 - ②平成26年度事業計画(案)・収支予算(案)
 - ③平成26年度入会金及び会費・賦課金徴収方法(案)

海外委員会

- ・専門部会 (5月27日)
「中南米の特殊鋼需給動向」調査の調査内容等の検討

市場開拓調査委員会

- ・本委員会 (5月16日)
平成25年度活動報告及び平成26年度活動計画の検討
- ・調査WG (6月3日)
「平成25年度特殊鋼の最終用途別需要実態調査」の中間報告

編集委員会

- ・小委員会 (4月21日)
9月号特集「磁性材料」(仮題)の編集内容の検討
- ・本委員会 (5月9日)
9月号特集「磁性材料」(仮題)の編集方針、内容の確認

流通委員会

- ・工具鋼分科会 (5月12日)

特殊鋼関連記号集編集委員会準備会 (5月14日)

「特殊鋼関連記号集改訂版の今後の進め方」の検討

「3Dプリンター技術」についての講演会 (5月13日)

- ①演 題：「3Dプリンターによる新たなものづくりと経済産業省の政策」

講 師：経済産業省 製造産業局 素形材産業室 室長補佐 木村 隼斗 氏

- ②演 題：「3Dプリンター技術が変えるものづくり」

講 師：独立行政法人 産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門 基盤的加工研究グループ長

岡根 利光 氏

参加者：54名

工場見学会 (5月29日)

見学先：①JFE条鋼(株)鹿島製造所
②新日鐵住金(株)鹿島製鉄所

参加者：48名

【名古屋支部】

定時総会 (6月9日)

- ①平成25年度事業報告・決算報告の承認
- ②平成26年度事業計画・収支予算の承認
- ③平成26年度役員及び運営委員の報告

運営委員会 (4月24日)

- ①平成25年度事業報告(案)・決算報告(案)
- ②平成26年度事業計画(案)・収支予算(案)
- ③第45回名古屋支部総会
- ④その他

部会

- ・構造用鋼部会 (4月22日)
- ・工具鋼部会 (4月24日)
- ・ステンレス鋼部会 (4月25日)

講演会（6月9日）

演 題：「人生に効く脳科学」

～脳が創り出す男女のミゾ、年齢の
波、時代の風～

講 師：感性アナリスト 黒川 伊保子 氏

出席者：53名

2団体共催新入社員研修（4月21日、参加者75
名、於大同特殊鋼）

①大同特殊鋼(株)知多工場見学

②講 義Ⅰ：特殊鋼の知識

講 師：大同特殊鋼(株) 加藤 万規男氏

③講 義Ⅱ：社会人としての基礎マナー

講 師：キャプラン(株) 近藤 ゆり子氏

交流会（6月9日）

出席者：55名

[大阪支部]

定時総会（6月9日）

①平成25年度事業報告・決算報告の承認

②平成26年度事業計画・収支予算の承認

③平成26年度役員人事他の承認

運営委員会（5月20日）

①平成25年度事業報告・決算報告

②平成26年度事業計画・収支予算

③役員人事

平成25年度会計監査（5月20日）



特殊鋼倶楽部の動き

「3Dプリンター技術についての講演会」開催

去る、5月13日（火）、午後3時より、東京都中央区日本橋茅場町・鉄鋼会館811号室において「3Dプリンター技術についての講演会」を開催しました。

当日は、『3Dプリンターによる新たなものづくりと経済産業省の政策』について経済産業省 製造産業局 素形材産業室 室長補佐 木村 隼斗 氏に、『3Dプリンター技術が変えるものづくり』について独立行政法人 産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門基盤的加工研究グループ長 岡根 利光 氏にそれぞれご講演頂きました。

3Dプリンターについては最近注目を集めていることから、講演会に参加された約55名の皆さんは最後まで熱心に講師の話に耳を傾け、質疑応答も活発に行われ盛会の内に終えることが出来ました。

最後に、またのご参加をお待ちしております。

以下に、会場写真を掲載いたします。



「定例講演会」開催

一般社団法人特殊鋼倶楽部では26年6月17日に一般社団法人日本自動車工業会の持田弘喜氏による「最近の自動車産業の動向」についての講演会を行いました。特殊鋼需要の60%を占める自動車産業の動向は特殊鋼業界としても最大の関心事であり、会員企業から80名以上の参加がありました。



持田氏の説明のポイントは以下のとおりで明快な説明がされ、その後、活発な質疑が交わされました。

- 1 2014年度の国内需要見通しは、輸出の増加、企業収益の改善等による設備投資の増加、公共投資が景気を下支えするものの、消費税率引き上げによる消費者マインドの低下懸念、2013年度の後半に発生した駆け込み需要の反動減等の要因から、四輪車総需要で4,750千台・前年度比84.4%と見込まれる。
- 2 本年4月の新車販売は34.5万台・前年同月比94.5%、5月は36.3万台・同98.8%で前年同月と比べてわずかな落ち込みで済んでいるが、これは駆け込み需要の受注残の効果があるとする見方が強く、消費税引き上げの反動はこれから現れることを憂慮している。実際4月以降の受注は2～3割減の状況である。自動車各社はボーナス商戦に向けて力を入れている。
- 3 日系メーカーの海外生産が増加しており、国内生産の1.7倍にも達している。日系企業のグローバル生産台数は2,638万台で世界全体の約30%を占めている。また、海外生産の進展に伴い、自動車輸出額に占める海外生産用・組付用部品の比率が増大している。
- 4 日系企業の海外生産は新興国へシフトしており、2013年では、日本での生産比率36.5%、欧米等の先進国生産比率22.1%に対して新興国生産比率が41.4%になっている。
- 5 世界の自動車生産も先進国から新興国へシフトしており、2012年の世界生産は新興国の割合が57%（うち中国23%、韓国5.4%、インド4.9%、ブラジル4%、メキシコ3.6%）で、日本は11.8%、米国12.3%、ドイツ6.7%などとなっている。
- 6 日本でのものづくりを継続していくためには、国内生産を維持する必要がある。そのためには国内市場の活性化と輸出を難しくしているビジネス環境の改善が必要である。国内市場の活性化のためには、自動車の魅力のPRと自動車税制の簡素化が必要である。また、輸出の改善のためにはオープンでフェアな事業環境を整備し、海外とのイコールフットイングが重要である。

①為替の安定、円高是正、②実効性のあるTPP/EPA/FTAの推進、③法人税率の引き下げ、④現実的な温室効果ガスの削減目標設定、⑤労働法制の弾力化、⑥エネルギーの安定かつ低廉な供給、を挙げた。

以上の説明を踏まえて、特殊鋼倶楽部の事務局として、日本自動車工業会の資料から参考となるデータを以下のとおり整理しました。

1 2014年度の需要見通し

日本自動車工業会が本年3月20日に公表した2014年度の国内需要見通しは、次表のとおりで、世界経済の緩やかな回復を背景とする輸出の増加や、企業収益の改善等による設備投資の増加、経済対策による公共投資が景気を下支えするものの、消費税率引き上げによる消費者マインドの低下が懸念されること及び2013年度の後半に発生した駆け込み需要の反動減も予想され、四輪車総需要は4,750千台・前年度比84.4%と見込まれるとしている。

内訳は、登録車が2,940千台・前年度比86.5%、軽四輪車が1,810千台・前年度比81.2%としている。

2014年度の需要見通し（平成26年3月20日 日本自動車工業会発表）

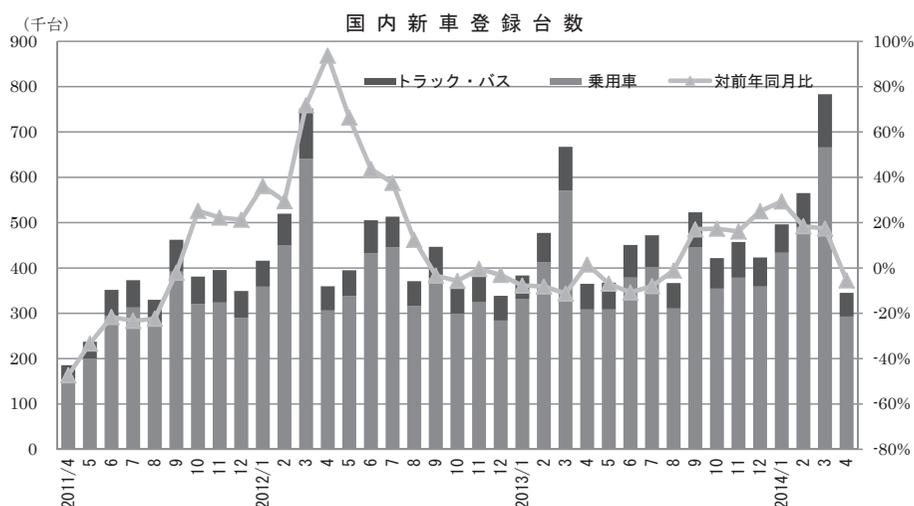
			2012年度 A	2013年度 B (一部推定)	2014年度 C 見通し	対前年度比 %	
						2013年度 B/A	2014年度 C/B
四輪車	乗用車	普通・小型乗用車	2,867,893	2,995,000	2,563,000	104.4	85.6
		軽四輪車	1,571,199	1,790,000	1,440,000	113.9	80.4
		計	4,439,092	4,785,000	4,003,000	107.8	83.7
	トラック	普通車	134,654	150,000	143,000	111.4	95.3
		(うち大中型)	68,784	77,000	72,000	111.9	93.5
		小型四輪車	223,918	244,000	223,000	109	91.4
		軽四輪車	401,401	440,000	370,000	109.6	84.1
		計	759,973	834,000	736,000	109.7	88.2
	バス	大型	4,034	4,300	4,000	106.6	93
		小型	7,191	7,500	7,000	104.3	93.3
		計	11,225	11,800	11,000	105.1	93.2
		合 計	5,210,290	5,630,800	4,750,000	108.1	84.4
		登 録 車	3,237,690	3,400,800	2,940,000	105	86.5
		軽四輪車	1,972,600	2,230,000	1,810,000	113	81.2
二輪車		原付第一種	247,665	240,000	240,000	96.9	100
	原付第二種 以上	原付第二種	86,866	104,000	97,000	119.7	93.3
		軽二輪車	49,590	59,000	60,000	119	101.7
		小型二輪車	61,547	70,000	72,000	113.7	102.9
		計	198,003	233,000	229,000	117.7	98.3
		合 計	445,668	473,000	469,000	106.1	99.2

注：輸入車を含む。

2 最近の新車販売状況

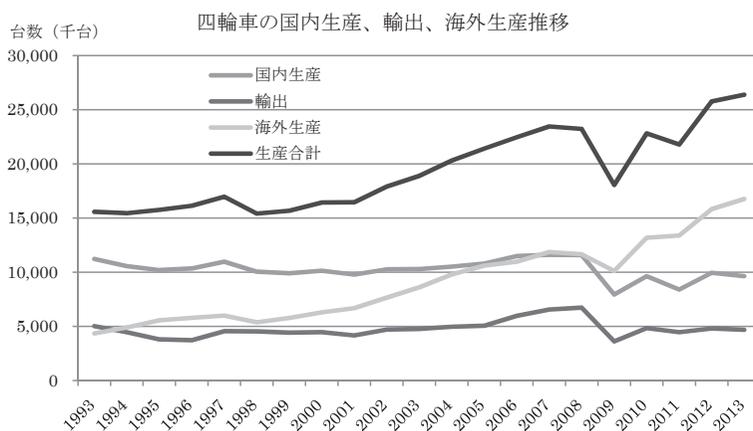
最近の新車販売状況は図のとおりであり、消費税引き上げ前の駆け込み需要で本年3月が突出している。本年4月の新車販売は34.5万台、5月は36.3万台で前年同月と比べてわずかな落ち込みで済んでいる。

例年、3月の新車販売が多いが、2012年3月は旧エコカー減税が廃止される前の駆け込み需要の効果である。



3 日本の自動車産業のグローバル化の動き

1993年以降の四輪車の国内生産、輸出、海外生産の推移は図表のとおりである。1994年に海外生産車が輸出を上回り、2007年には海外生産が国内生産を上回るなど、グローバル化が進行している。国内生産のピークは1990年の1,348万台である。国内、海外を合わせた生産の合計は2012年が2,577万台、2013年が2,639万台と拡大を続けている。世界の四輪車の生産台数は2012年が8,422万台、2013年が8,725万台であるので、日本メーカーのシェアは30.6%、30.2%と3割の水準にある。

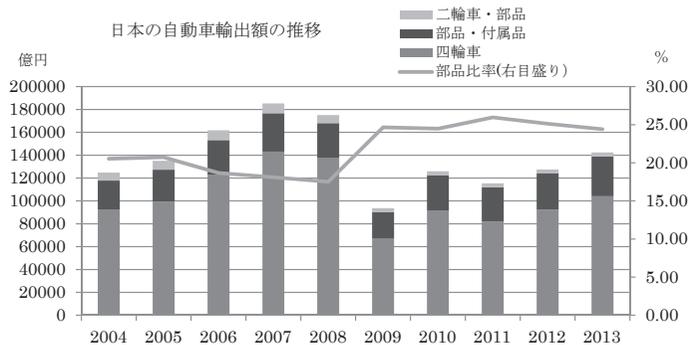


四輪車の国内生産、輸出、海外生産推移 (出典：日本自動車工業会)

四輪車の国内生産、輸出、海外生産推移（出典：日本自動車工業会）

年	国内生産	輸 出	海外生産	生産合計
1993	11,227,545	5,017,656	4,339,954	15,567,499
1994	10,554,119	4,460,292	4,896,074	15,450,193
1995	10,195,536	3,790,809	5,559,480	15,755,016
1996	10,346,699	3,711,718	5,784,252	16,130,951
1997	10,975,087	4,553,202	5,991,484	16,966,571
1998	10,041,958	4,528,875	5,371,171	15,413,129
1999	9,892,389	4,408,953	5,780,143	15,672,532
2000	10,140,796	4,454,885	6,288,192	16,428,988
2001	9,777,191	4,166,089	6,679,593	16,456,784
2002	10,257,315	4,698,728	7,652,466	17,909,781
2003	10,286,018	4,756,343	8,607,563	18,893,581
2004	10,511,518	4,957,663	9,797,551	20,309,069
2005	10,799,659	5,053,061	10,606,157	21,405,816
2006	11,484,233	5,966,672	10,972,243	22,456,476
2007	11,596,327	6,549,940	11,859,709	23,456,036
2008	11,575,644	6,727,091	11,651,554	23,227,198
2009	7,934,057	3,616,168	10,117,520	18,051,577
2010	9,628,875	4,841,460	13,181,554	22,810,429
2011	8,398,630	4,464,413	13,383,629	21,782,259
2012	9,943,077	4,803,591	15,823,480	25,766,557
2013	9,630,181	4,674,633	16,756,179	26,386,360

海外生産が増えるに従い、自動車輸出の構造も変化し、完成車に対して部品の比率が上昇している。



日本の自動車輸出額の推移（出典：日本自動車工業会）

一般社団法人特殊鋼倶楽部 会員会社一覽

(社名は50音順)

<p>[会 員 数]</p> <p>(正 会 員)</p> <p>製造業者 24社</p> <p>販売業者 101社</p> <p>合 計 125社</p>	【販売業者会員】		
<p>【製造業者会員】</p> <p>愛 知 製 鋼 (株)</p> <p>秋 山 精 鋼 (株)</p> <p>(株)川口金属加工</p> <p>(株)神戸製鋼所</p> <p>合 同 製 鐵 (株)</p> <p>山 陽 特 殊 製 鋼 (株)</p> <p>J F E ス チ ー ル (株)</p> <p>J X 日 鋳 日 石 金 属 (株)</p> <p>下 村 特 殊 精 工 (株)</p> <p>新 日 鐵 住 金 (株)</p> <p>ス テ ン レ ス パ イ プ 工 業 (株)</p> <p>大 同 特 殊 鋼 (株)</p> <p>高 砂 鐵 工 (株)</p> <p>東 北 特 殊 鋼 (株)</p> <p>日 新 製 鋼 (株)</p> <p>日 本 金 属 (株)</p> <p>日 本 高 周 波 鋼 業 (株)</p> <p>日 本 精 線 (株)</p> <p>日 本 冶 金 工 業 (株)</p> <p>日 立 金 属 (株)</p> <p>(株)不二越</p> <p>三 菱 製 鋼 (株)</p> <p>ヤ マ シ ン ス チ ー ル (株)</p> <p>理 研 製 鋼 (株)</p>	<p>愛 鋼 (株)</p> <p>青 山 特 殊 鋼 (株)</p> <p>浅 井 産 業 (株)</p> <p>東 金 属 (株)</p> <p>新 井 ハ ガ ネ (株)</p> <p>粟 井 鋼 商 事 (株)</p> <p>伊 藤 忠 丸 紅 鉄 鋼 (株)</p> <p>伊 藤 忠 丸 紅 特 殊 鋼 (株)</p> <p>井 上 特 殊 鋼 (株)</p> <p>(株) U E X</p> <p>確 井 鋼 材 (株)</p> <p>ウ メ ト ク (株)</p> <p>扇 鋼 材 (株)</p> <p>岡 谷 鋼 機 (株)</p> <p>カ ネ ヒ ラ 鉄 鋼 (株)</p> <p>兼 松 (株)</p> <p>兼 松 ト レ ー デ ィ ン グ (株)</p> <p>(株) カ ム ス</p> <p>(株) カ ワ イ ス チ ー ル</p> <p>川 本 鋼 材 (株)</p> <p>北 島 鋼 材 (株)</p> <p>ク マ ガ イ 特 殊 鋼 (株)</p> <p>ケ ー ・ ア ン ド ・ アイ 特 殊 管 販 売 (株)</p> <p>小 山 鋼 材 (株)</p> <p>佐 久 間 特 殊 鋼 (株)</p> <p>櫻 井 鋼 鐵 (株)</p> <p>佐 藤 商 事 (株)</p> <p>サ ハ シ 特 殊 鋼 (株)</p> <p>(株) 三 悦</p> <p>三 協 鋼 鐵 (株)</p> <p>三 京 物 産 (株)</p> <p>三 興 鋼 材 (株)</p> <p>三 和 特 殊 鋼 (株)</p> <p>J F E 商 事 (株)</p> <p>芝 本 産 業 (株)</p> <p>清 水 金 属 (株)</p> <p>清 水 鋼 鐵 (株)</p> <p>神 鋼 商 事 (株)</p> <p>住 友 商 事 (株)</p>	<p>大 同 興 業 (株)</p> <p>大 同 D M ソ リ ュ ー シ ョ ン (株)</p> <p>大 洋 商 事 (株)</p> <p>大 和 興 業 (株)</p> <p>大 和 特 殊 鋼 (株)</p> <p>(株)竹内ハガネ商行</p> <p>孟 鋼 鉄 (株)</p> <p>田 島 ス チ ー ル (株)</p> <p>辰 巳 屋 興 業 (株)</p> <p>中 部 ス テ ン レ ス (株)</p> <p>千 曲 鋼 材 (株)</p> <p>(株) テ ク ノ タ ジ マ</p> <p>(株) 鐵 鋼 社</p> <p>デ ル タ ス テ ー ル (株)</p> <p>東 京 貿 易 金 属 (株)</p> <p>(株) 東 信 鋼 鉄</p> <p>特 殊 鋼 機 (株)</p> <p>豊 田 通 商 (株)</p> <p>中 川 特 殊 鋼 (株)</p> <p>中 野 ハ ガ ネ (株)</p> <p>永 田 鋼 材 (株)</p> <p>名 古 屋 特 殊 鋼 (株)</p> <p>ナ ス 物 産 (株)</p> <p>南 海 鋼 材 (株)</p> <p>日 輪 鋼 業 (株)</p> <p>日 金 ス チ ー ル (株)</p> <p>日 鉄 住 金 物 産 (株)</p> <p>日 鉄 住 金 物 産 特 殊 鋼 西 日 本 (株)</p> <p>日 本 金 型 材 (株)</p> <p>ノ ボ ル 鋼 鉄 (株)</p> <p>野 村 鋼 機 (株)</p> <p>白 鷺 特 殊 鋼 (株)</p> <p>橋 本 鋼 (株)</p> <p>(株)長谷川ハガネ店</p> <p>(株)ハヤカワカンパニー</p> <p>林 田 特 殊 鋼 材 (株)</p> <p>阪 神 特 殊 鋼 (株)</p> <p>阪 和 興 業 (株)</p> <p>日 立 金 属 ア ド メ ッ ト (株)</p>	<p>日 立 金 属 工 具 鋼 (株)</p> <p>(株)日立ハイテクノロジーズ</p> <p>(株) 平 井</p> <p>(株) フ ク オ カ</p> <p>藤 田 商 事 (株)</p> <p>古 池 鋼 業 (株)</p> <p>(株) プ ル ー タ ス</p> <p>(株) 堀 田 ハ ガ ネ</p> <p>(株)マクスコーポレーション</p> <p>三 沢 興 産 (株)</p> <p>三 井 物 産 (株)</p> <p>三 井 物 産 ス チ ー ル (株)</p> <p>(株) メ タ ル ワ ン</p> <p>(株)メタルワンチューブラー</p> <p>(株)メタルワン特殊鋼</p> <p>森 寅 鋼 業 (株)</p> <p>(株) 山 一 ハ ガ ネ</p> <p>山 進 産 業 (株)</p> <p>ヤ マ ト 特 殊 鋼 (株)</p> <p>山 野 鋼 材 (株)</p> <p>陽 鋼 物 産 (株)</p> <p>菱 光 特 殊 鋼 (株)</p> <p>渡 辺 ハ ガ ネ (株)</p>

特 集／よくわかる磁性材料

- I. はじめに
- II. 磁性材料各論
- III. 磁性材料の応用
- IV. 会員メーカーの磁性材料

11月号特集予定…工具鋼

特 殊 鋼

第 63 卷 第 4 号
© 2 0 1 4 年 7 月
平成26年6月25日 印 刷
平成26年7月1日 発 行

定 価 1,230円 送 料 100円
1年 国内7,300円 (送料共)

発 行 所
一般社団法人 特 殊 鋼 倶 楽 部
Special Steel Association of Japan

〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町3丁目2番10号 鉄鋼会館
電 話 03(3669)2081・2082
ホームページURL <http://www.tokushuko.or.jp>
振替口座 00110-1-22086

編集発行人 小 島 彰
印刷人 増 田 達 夫
印刷所 レタープレス株式会社

本誌に掲載されたすべての内容は、一般社団法人 特殊鋼倶楽部の許可なく転載・複写することはできません。