

Q. 大型電気炉について教えてほしい。導入にあたっては高炉と比して能力が落ちるため、現在バランスしている上工程と下工程の生産能力が崩れてしまう、また耐火物や電極等様々な技術開発が必要と思うが、それほど遠くない将来に実装するということはある程度技術的な目途が立ったということか？具体的な課題等あれば教えて欲しい。

A. 大型電気炉については、今後 GI 基金で研究開発していくことになるが、2027 年には技術的に解決可能だと思っている。当社調査では、現在世界最大の電気炉はトルコのチョラコール社が持っている設備であり、年間 300 万 t を建材主体に製造している。従って年間 300 万 t 規模の生産能力をもつこと自体は現在でも可能だが、高級鋼をどれだけ高効率で製造できるかが今後の技術開発の主眼である。特に還元鉄を使用すると、生産能率や電力原単位がより悪化するため、こうした課題をクリアしていくことが重要となる。2027 年実装化に向けて、GI 基金の支援を受けた研究開発を通して解決していきたい。

Q. UAE での還元鉄について、より具体的なスケジュール等あれば教えて欲しい。また他社の見解と異なるところがあり、本日の説明では鉄分 67% 以上の高品位の鉄鉱石でしか還元鉄は製造できないということだったが、他社はそれより低い鉄分の鉄鉱石でも前処理的な工程を通すことにより使用可能と言っている。これについて見解をいただきたい。

A. UAE での還元鉄プラントについては本日説明した以上のことは現時点で決定していないため、お話しできない。ここではエミレーツ社と組んだ経緯について若干補足したい。同社は UAE で直接還元鉄法・電気炉法で形鋼を製造している会社だが、国 (UAE) としてもカーボンニュートラルを積極的に進めており、また天然ガスが豊富に採取可能であること、油田に CO₂ を貯留できること (EOR) など地政学的にも優位な場所にある。今般、同社と話し合いを進めるなかで、弊社の今後の方向性と合致したので MOU を結んで FS 検討を始めるに至った。

他社の還元鉄製造に関連して、「前処理すれば低品位鉱も還元鉄の原料として使用できるのではないか？」とのご指摘があったが、低品位鉱には、鉄純分だけが問題ではなく、例えば結晶水の問題 (※) もある。特に世界的に主力供給国であるオーストラリアの鉄鉱石は、現時点で直接還元鉄の原料としては、品位制約から使用できておらず、これらの活用は大きな課題である。

※) 結晶水含有率が高い鉄鉱石を使用した場合、ペレット製造段階 (焼成工程) や還元炉内において亀裂や粉化が生じ、生産効率が大幅に下がる可能性がある。

Q. 今後の高炉改修時期に対する対応について教えてほしい。倉敷第2高炉を電気炉に切り替えた後、それほど間を置かず2030年代前半には主力製鉄所である福山の高炉の改修タイミングがやってくると思う。これらについて、例えば通常通りの高炉の改修を行い2040年代に超革新技術への切り替えを行うのか、もしくはトランジションとして電気炉に切り替えてゆくのか方向性を教えて欲しい。

A. 福山高炉については、耐火物寿命を迎えるのは2030年代前半であろうとみているが、具体的なプランは確立していない。電気炉の技術・還元鉄や水素の入手等種々の課題をクリアし、どの技術がベストか見極めた上で今後決定していく。

Q. 仙台の電気炉の能力増強について教えてほしい。これについては今後倉敷で高炉から電気炉に切り替えた時に能力が下がると思うので、それを見越して倉敷同様特殊棒線を製造している仙台の能力を増強しそれを補うというような意図はあるか？

A. 仙台の能力増強の狙いについて、現在特殊鋼棒鋼で品質課題から高炉製品として製造しているのは倉敷であるが、仙台電気炉の能力を上げた上で、品質問題をクリアして高炉製と同等のものが製造できるようになれば、倉敷から仙台への振替も可能となる。こういったことも視野に入れ、品質向上の技術開発を進める。

Q. 倉敷の電気炉について、現在倉敷の高炉で製造している品種は形鋼、薄板などと思うが、電気炉で作る品種のターゲットは？例えば電磁鋼板などは含まれるのか。

A. 倉敷地区の品種ターゲットについては、現在明確なことは申し上げられない。電気炉で作っている成分、あるいはトランプエレメントによって、どの製品まで作れるかは検討中だが、ほぼ現状の電気炉技術で製造可能な品質は判明している。電磁鋼板も電気炉で出来るものが一部あると思われるので、ターゲットになると考えている。

Q. スクラップ等の集荷基地の増強をされているとのことだが、西日本は電気炉が集中している地域。スクラップを集めるという点に関し、JFE商事などと連携して集荷のシステムなども強化しようとしているのか。

A. スクラップ集荷に関しては、当然JFEグループとしてのJFE商事の活用ということで連携して取り組んでいる。我々のお客様からのスクラップ集荷も含め、現在体制を作っている最中である。

Q. 倉敷地区に導入する電気炉について、1チャージ当たりの生産能力をどう考えているのか、製鋼工程等であらたな投資が必要になるのか、教えてほしい。また還元鉄(HBI)と鉄屑の配合比率をどう考えているのかも教えてほしい。

A. 倉敷地区の電気炉のヒートサイズは検討中である。日本で一般的な100t～150tのヒ

ートサイズよりも大きな設備を想定しているが、設備投資金額とのバランスを考えながら、慎重に判断していく。電気炉本体以外にも、当然スクラップの集荷基地が必要になるので、バスや荷役のクレーン、置き場、所内の物流などの追加投資をしていくことになる。HBIと鉄屑の配合比率については、どの品種を生産するのかに拠ってくる部分もあるし、HBIを多く使った場合には生産効率が悪化し高コストになる課題などもあるため、それらを勘案した上で決めていく。

なお、今後、高級鋼材を電気炉で供給するためには、トランプエレメントの少ない鉄源の調達が重要になると想定し、エミレーツ・スチールとのFSを開始している。

Q. グリーン鋼材の需要形成には政策対応が必要とは理解しているが、現在も低CO₂鋼材を求めている企業はいると思われ、それら企業と手を組むことで政策に頼らずとも、グリーン鋼材のマーケットは形成していくことはできるのではないか？その辺りのお考えを教えてください。

A. グリーン鋼材については、将来どの程度の需要が生まれるのか、現時点で予見することは難しい。現在、日本の製鉄業は産業全体の40%のCO₂を排出しているので、日本が2030年までにCO₂を46%削減する目標を達成するには、鉄鋼業のCO₂削減が必達項目であり、大規模な投資を賄うためにもグリーン鋼材の市場を早期に形成する必要がある。例えば弊社がCO₂の30%削減を達成するとマスバランス法では500万tのグリーン鋼材を単独で供給できると試算している。当社以外の鉄鋼メーカーもCO₂削減を通してグリーン鋼材を供給できようになれば、非常に大規模な供給量になるため、それに見合った市場が必要になる。グリーン鋼材需要をどのような道筋で形成していくのか、明確なイメージはまだないが、個社だけでなく、鉄鋼業界や国、需要家等とのコミュニケーションを通して需要形成を図っていく必要がある。

Q. グリーン鋼材について伺いたい。市場形成について、条件の統一や基準を作るなどの環境整備が必要との説明があったが、ビジネスとしては、すでに現場ではグリーン鋼材製品が必要とされているのではないのか。グリーン鋼材投入時期の見通しについて伺いたい。

A. グリーン鋼材についてはまず定義づけをやっていかねばならないと考えている。現在、業界でも鉄連の中でグリーン鋼材検討のチームを作って取り組んでいる。もう一点は個社の問題になるが、グリーン鋼材の認証をどのように受けていくのかも課題。この2点が供給サイドでやるべきことと考えている。投入時期については、これら2点をしっかりやってからであり、まだ明確な時期は言えないが、25年では遅すぎると考えている。なるべく早期に投入したいと考えている。

Q. グリーン鋼材を市場に投入するにあたり、グリーン鋼材についてはどれくらいのCO₂削減、マスバランス法に依らない場合はどういった手法があると考えているか。またグリー

ン鋼材は電気炉材に限るのか高炉材も認めるのか。

A. 私としては、グリーン鋼材の定義はマスバランス法を考えている。マスバランス法は電気炉法に限らず、高炉法でもプロセス転換や設備投資に裏打ちされた CO2 削減を反映することで適用できる。例えば CO2 排出量を 30%削減できれば、生産量の 30%相当の鋼材の CO2 排出量がゼロとみなされる。その分をオフセットしてグリーン鋼材にブランディングするといったことを考えており、これは電気炉材に限らない。

Q. カーボンニュートラルへの取り組みについて、説明資料に必要な投資額 1 兆円規模という数字があったが、進行中の 7 次中期経営計画や、トランジション期、イノベーション期においてどのようなマイルストーンを考えているのか、年次毎の展開も含めて解説をしてほしい。

A. カーボンニュートラルに向けた投資については、2022 年～2030 年までの投資総額が 1 兆円程度だとお考えいただきたい。年次ごとの展開は申し上げられないが、平均で見れば年間 1,250 億円の投資規模である。

7 次中期経営計画では鉄鋼事業の設備投資額は約 2,500 億円/年レベルのため、上記 1,250 億円/年という水準はこの半分を占めるような非常に大きな投資額である。従ってこれを実行するためにもグリーン鋼材市場の創出が必須である。(詳細後述)

Q. グリーン鋼材の価格についてユーザーの理解をどのように進めていくのか、教えてほしい。従来の原料等のコスト変動分を転嫁するだけではなく、今後かかってくる環境費用も加えた形で需要家に求めていくような交渉も考えられるが、社会の理解浸透に向けて、価格面での活動について解説をお願いしたい。

A. 価格については、供給する立場からすれば、グリーン鋼材を供給するための多額の設備投資や還元鉄を使うこと等によるランニングコストの上昇分が価格に反映される必要がある。但し、供給サイドがグリーン鋼材の供給を提案しても、需要サイドに、高価格のグリーン鋼材を購入するインセンティブがなければ、取引は成立しない。従ってグリーン鋼材については、まずは市場をつくるのが重要であり、市場形成後に個社が価格交渉に進んでいくことになるのではないかと考えている。従来の鉄鋼取引とは別の視点でとらえる必要がある。

Q. 資料 P13 に大型電気炉による CO2 削減量 300 万 t という数字が出ているが、倉敷第 2 高炉が電気炉に変わることで高炉比で何割程度削減できるのか。

A. 300 万 t の記載については、倉敷に導入した場合の一例として記載している。今回の数値試算の前提として、電気炉の生産量が 200 万 t 規模、CO2 排出原単位は一般的といわれる 0.5t/Steel ton としている。高炉材の場合は 2.0t/Steel ton であり、差分の 1.5t/Steel

ton に 200 万 t を掛け 300 万 t。実際に導入する電気炉の能力は検討中であるが、年間 200 万 t を安定的に生産できれば、倉敷は現在の第 3、4 高炉と大型電気炉、この 3 つのプロセスで生産規模、生産能力を置き換えることができると考えている。

Q. 倉敷電気炉の投資額の見込みについて教えて欲しい。

A. 投資額は検討中であり、詳細は申し上げられない。投資額には、電気炉単体だけでなくスクラップ集荷基地、岸壁、物流などの投資も含まれ、これらを含むとかなりの規模になると想定している。100 億円単位では収まらず、少なくとも数百億円、その一桁上の位までいかにざるをえないかもしれない。

Q. カーボンリサイクル高炉や直接還元、電気炉をそれぞれ何基導入するのか、どのようなプロセス構成を理想形として考えているか教えてほしい。また、CO2 排出量削減のために、電気炉以外であれば直接還元製鉄を志向する海外鉄鋼ミルが多いなか、直接還元製鉄に対するカーボンリサイクル高炉含む高炉法の強みをどのように考えているのか解説してほしい。

A. 現時点でどのプロセスを何基導入するのか具体的なことは申し上げられない。今回倉敷地区で電気炉 1 基の導入を決めた理由は、倉敷第 2 高炉の改修タイミングだったためである。前の質問でもお答えしたように、その後、福山地区の高炉が 2030 年以降に改修タイミングを迎える。その際に採用すべき製造プロセスについては、現時点で最適解は得られていない。例えば、カーボンリサイクル高炉について、2030 年以降いつ頃の高炉改修に適用できるかどうかは分からない。特に水素が大量かつ安価に獲得できるかどうか大きな課題である。理想形としては、原理実証を 2026 年までに終え、次いで 700 m³の中規模炉での技術実証を 2030 年までに完了し、その結果、既存高炉と同等の生産性を確保できて、かつ水素が安価・大量に手に入ることだが、水素の調達問題は、もう少し時間が経たないと判断できない。

Q. 電気炉のトランプエレメント対策について教えてほしい。説明を伺うに、トランプエレメントの対策はある程度目途が立ったような印象を受けた。具体的にはどのような技術の進歩が見込まれ、電気炉を導入可能である旨の判断に至ったのか、詳細を教えてほしい。

A. トランプエレメントに対する技術について、現在、原料に混入している銅 (Cu) 等の元素を除去する方法はなく、鋼材内に銅の混入を防ぐには、銅を含まない冷鉄源を使うしかない。銅が不可避免的に混入してしまう集荷スクラップを使用する前提では、銅比率を何%まで許容できるか、限界を探っていくことになる。現在、加工くずや HS、H2 等様々なスクラップの銅比率データに基づいて、製品ごとの原料配合を決めているが、加熱・圧延技術開発により配合制約の緩和に取り組んでいる。

還元鉄は、スクラップのようなトランプエレメントの問題を引き起こさないが、鉄鉱石由来

のリンの問題がある。また、電気炉操業では、溶鋼中に窒素が混入するが、窒素は鋼材製品の加工性に悪影響を及ぼす。これらリンや窒素等を除去するという大きな課題を解決すべく、GI 基金の支援を受けながら技術開発に取り組んでおり、ブレイクスルーできるかどうか、今後当社へ導入される電気炉の数に影響してくるものと思う。

最後に、CO2 排出削減に向けた各社の取り組みについて申し上げますと、単純化して言えば欧州勢は還元鉄と電気炉の開発に注力している一方、日本勢は高炉法での開発中心に取り組んでいる。その理由は、日本勢は大型高炉による大量生産で世界的な競争力を保持してきたためである。ヨーロッパの高炉は非常に規模が小さい一方で、日本の製鉄所の巨大な敷地の半分以上が高炉法に関連する設備であり、それらをすべて直接還元法+電気炉に切り替えるのは非常に大きな決断になる。我々はまだ高炉法で CO2 排出の少ない製造方法を追求すべきだと思っているし、排出された CO2 をどのように活用するか、あるいは固定するかという点について追求すべきだと考えている。高炉法での CO2 排出削減の取り組みは、日本勢と同様に大型高炉を主体にしている中国や韓国、インドとも同じ課題の共通認識であり、技術確立に成功すれば産業界に大きなインパクトをもたらすと考えている。

Q. 福山地区でのフェロコークスの導入実機化(資料 P10)及び千葉地区での GI 基金試験電気炉による技術開発(資料 P13)の時期を教えてください。

A. 福山地区のフェロコークスは研究開発中だが、2030 年ごろの実機化を見込んでいる。千葉の試験電気炉は 2025 年までに研究開発を完了させる予定。

Q. CCUS においてコンクリートで CO2 を固定化する話も出ていたが、すでにセメント業界との連携を検討しているか。

A. セメント業界との連携は現在検討中であるが、GI 基金においても、セメント生成時に CO2 を集めて固定化する研究開発が進められている。実操業にあたっては、CO2 を分離・回収して供給できる能力・技術と、広大な敷地が必要であると認識しており、どこで行うかというのが大きなポイントになると考えている。我々は高炉で CO2 分離・回収技術を持っており場所も確保できるため、現時点で具体的なプロジェクトに参画しているわけではないが、セメントへの CO2 固定の技術開発に関して声がかかれば積極的に前向きに連携していきたいと考えている。

Q. カーボンニュートラル推進チームにおける CCUS・グリーンインフラ検討チームおよびグリーン鋼材戦略検討チームについて、個社としてだけでなくグループ以外との協業も検討しているか。

A. 今後、業界や経産省、需要家とも問題意識について意見交換しながら、市場形成を図っていきたい。すでに意見交換を始めているが、直近で公表予定はない。

Q. 2030年にCO2排出を30%削減するという目標について、JFEのコミットメント度合いを教えてください。JFEとしてこの目標は必達すべきものととらえているのか、それとも、日本政府が2050年のカーボンニュートラル目標を掲げる中で、トランジションのマイルストーンとして30%の削減は目安程度の位置付けにあるのか？

A. 2030年に30%以上削減というのは必達すべき目標と認識している。

Q. 2030年のCO2排出削減量の内訳を教えてください。今回公表の転炉スクラップの活用、仙台電気炉の増強、高効率大型電気炉の導入によるCO2排出削減効果を合わせると、510万tとなる。一方でJFEとして2030年に削減すべきCO2の量は、2013年度対比で1,700万t程度(2013年度CO2排出量5,810万t×30%)であり、1200万t程度足りていない。京浜上工程の休止によって、2013年対比で粗鋼生産量が減少することによる効果もあると思うが、他にどのようなアイテムが考えられるか？

A. おっしゃる通り排出量削減の内訳について、2013年度対比30%削減するためには、1700万tのCO2削減が必要で、このうち、京浜高炉の休止で粗鋼規模を縮小し、かつ西日本に生産傾斜する構造改革の効果で約700万tのCO2排出を削減する。残り1000万tを技術で削減する必要があるが、このうち転炉でのスクラップ配合増加で200万t、電気炉の増強と新規導入で300万t、合計して500万tを削減すると見込んでいる。それ以外に、省エネ技術、または設備の更新等、現在60件以上のCO2排出削減アイテムを積み上げており、これらによって残りの500万tを達成できると考えている。

Q. 倉敷2高炉の大型高効率電気炉への切り替え以降、現在稼働中の高炉をどうするかについては未定とのことだが、他の高炉を維持できるとお考えか、もう少し減らさないと厳しいと考えているのか、今の感触をお伺いしたい。

A. 現時点で明確な答えは無い。

日本はこれまで大型高炉・大規模生産により世界的な競争力を確保してきており、CR高炉の活用や、水素の安価安定供給を前提とした高炉の活用によるCO2削減を軸にしたいと考えている。

高炉を活用した究極のCO2削減技術が開発できれば、インドや中国、ASEANにも技術展開できるため、世界のCO2削減、温暖化防止に貢献できると考えている。

Q. 電気炉における克服すべき技術的課題は多いと思うが、高級鋼を電気炉で製造しようとする方向以外に、電気炉で製造できないような高品質品は需要家として要求しないという方向性を打ち出すことも必要と考えている。例えば、自動運転技術が進化するなどして衝突事故がなくなるならば、要求強度の見直しを進めていくなど、カーボンニュートラルを進めるためには、お客様も交えて議論し、(品質・技術面で)妥協することも必要ではないか。

A. 電気炉において品質を捨ててグリーン化に向かうという考え方もゼロではないかもしれないが、日本の製造業が世界市場で戦えているのは高品質の製品であり、今後もそれを維持しつつCO2排出を抑制していきたいと考えている。一方で、前述のグリーン市場形成に向けたコミュニケーションの中でお客様のニーズ変化がある場合には敏感にキャッチしていく必要があると考えている。

Q. 電気炉で高級鋼を作る場合、使用原料はスクラップと直接還元鉄ではどちらが優位か？

A. スクラップとHBIについては、それぞれ一長一短である。

スクラップの方が電気炉の生産性は高いが、トランプエレメント（銅や錫など）が含まれるため品質は劣位である。一方、HBIは高品質のものは作れるが、その原料（鉄鉱石）には不可避免的に鉄以外のスラグ成分も含まれるため、低品位の鉄鉱石で還元鉄を作ると大きく生産性が下がってしまう。従って直接還元法で現在採用されているのは高品位の鉄鉱石である。（ただし、高品位HBIであってもスクラップに対して、電気炉における生産性は劣る）なお、HBI製造技術については、当社の属すGI基金のコンソーシアムでは、低品位鉄鉱石を使用した直接還元製鉄に加え、水素による直接還元製鉄の技術確立を目指している。

以上

本資料は、金融商品取引法上のディスクロージャー資料ではなく、その情報の正確性、完全性を保証するものではありません。また、提示された予測等は説明会の時点で入手された情報に基づくものであり、不確定要素を含んでおります。従いまして、本資料のみに依拠して投資判断されますことはお控え下さいますようお願い致します。本資料利用の結果生じたいかなる損害についても、当社は一切責任を負いません。