



鉄の歴史

私見・鉄の歴史の周辺で-7

PCI技術開発が導いたテクノロジー

Technologies Derived from Introduction and Development of PCI

和栗眞次郎 元新日本製鐵(株)
Shinjiro Wakuri

緒言

鉄の歴史「海外技術の吸収と日本鉄鋼の発展」シリーズの「高炉への微粉炭吹き込み技術の導入とその発展」(本誌Vol.8 No.6)で、PCI (Pulverized Coal Injection) が導入当初の目標レベルを超え高炉の生産性向上に大きな成果を挙げたことを紹介させて頂いたが、編集委員の勧めもあり、導入技術が新たな技術への応用動機(シーズ)に成ったもの、或いは導入の背景や適用過程で派生したニーズから生まれ発展・改善された技術について、著者の経験を踏まえた特徴的な物を裏話、苦労話を含め紹介することとした。

1 石炭事前処理技術 (CMC, DAPS)

現在日本鉄鋼各社には40炉団のコークス炉があるが、70%以上の炉団で装入炭の調湿 (Coal Moisture Control 以下 CMC) システムが採用されている。石炭1トンあたり5~7万kcalの乾留熱量削減の他、コークス品質 (DI, CSR) を向上し、非微粘炭配合増20%を可能とする省エネ省資源環境改善型技術として、従来型の既設コークス製造プロセスで必要不可欠な石炭事前処理法と成っている。

この技術は新日鐵大分で開発され、1983年に1, 2炉団で実戦1号機として成果を挙げ、以後急速に業界全体に採用されてきたものだが、実はこの技術の開発はPCI導入技術と密接な関係にあった。

まず、近藤良夫先生(京大名誉教授・元日科技連講師)を招聘したTQCの職場研修会で、コークス炉には石炭とともに極力水を入れない、と言う当たり前のことをテーマに取り挙げ、実現に向け取り組むこととした。単に石炭水分とは言え、石炭のハンドリング量は月間数十万トンであり、その水分を低下させ一定にコントロールすることは「言うは易く行

い難い」技術であった。先ず石炭ヤードの排水性を改善することから手をつけたが、抜本的な解決にはならず、やはり加熱蒸発させる方法が必要である。すでにpre-carbon法等、世界的には3つの予熱炭法(200~250℃)が開発されていたが、これらはコークス炉の新設か大改修が必要で莫大な投資を伴い現実的でなかった。予熱まではできなくても、乾燥までを既設炉を生かし安価に適用できないかと、いくつかの検討をした。この時、資金問題以外にも、乾燥後に発生する発塵と炭塵爆発の危険性が問題視された。元来九州は筑豊に代表されるように、炭鉱の落盤・爆発の災害が多く、とりわけ炭塵爆発は1899年大分の豊国炭鉱で死者210名の事故が国内最初であり、以後歴史的に大きな事故は六百名に及ぶものも起こり、被害の規模は一般の労働災害の感覚とは全く違ったものであった。

石炭ヤードで自然発火して火事になった場合、散水しても消火しにくい経験もあり、石炭粉の取り扱いには怖い物だと言う意識が潜在的に九州人の我々にはあった。しかし、ARMCOのPCI技術のひとつ防爆体制の考え方が我々の不安を一掃するとともに、挑戦マインドを刺激した。その内容は、

- ①微粉炭の堆積不動部をホッパー、配管等プロセス内に一切作らない、
- ②温度上昇したらcardox (CO₂) を放出する、
- ③圧力が上昇したら爆発口を開放する

等、一般的な対策を実施するのは勿論だが、特徴的なことは初期の爆発圧力変化を検知するや否や、ダイナマイト仕掛けで火焰伝播より早いスピードで消化剤(フエンオール)を噴出させ、消火し爆発を抑制するというシステムである。これはNASAで開発された技術の応用であるが、爆発を抑制するのにダイナマイトを使用する発想に感心し刺激され早速活用することとした。

フエンオールは商品名でハロン系の消化剤、ハロンC, F, Cl, Br, の配合比率により2402等番号を付与してある。

1992年国連環境協定で、1996年から製造中止となり、現在は重炭酸ソーダー系に変更されている。

1.1 CMCの開発

石炭乾燥熱源としてコークスの上昇管・煙道排熱を、熱媒油で回収し、これをパイプに流し石炭と接触・乾燥させる方式を開発 (Fig.1) した。乾燥機前後・集塵ダクト・バグフィルター部分に防爆装置のフェンオールを装備させた。開発の内容は資料^{1,2)}を参照して頂き、発表に書いてない、なかなか活字にならない話を述べたい。

①石炭露による異常腐蝕

設備構造は、ドライヤーの中に熱媒を通すパイプがぎっしり数百本入っており、パイプの間を石炭が転がりながらパイプから昇熱・乾燥される仕組みだが、パイプの表面が腐食侵食されて数ヶ月でボロボロになる。乾燥過程で100℃前後で発生する露に石炭中からのS, NO成分が吸収され強酸と成り、腐蝕する所へ石炭粒による転動磨耗が加わり侵蝕が異常に激しい。毎月テストピースをパイプに貼り付け各種耐酸用鋼をはじめ耐酸特殊鋼、果てはインコネルTIとあらゆる国内調達可能品をテストしても全て駄目、お先真っ暗、数ヶ月毎にパイプ全数交換ではプラントは成立しない。ところがこれで最後と言うDIN規格のサンプルが腐蝕カーブの合格内に入った。グラフ化して合格を確認した時、もう夜中だったが担当のプラント設計の佐原氏と飛び上がって喜んだ。以後光製鐵所でDIN4462のパイプを製造してもらいプロセス開発を続けることができた。(なお、異常腐蝕の問題は熱伝導係数と結露によるもので、以後の設備では熱媒体に蒸気を使用して解決されている。)

② 炉上装入口発塵と爆発

装入炭の水分を9→6→4%と下げて行くと発塵量が増えてくるが、特に5%を切ると装入時粉塵が噴出し炉上に粉炭が積もり炉上作業に長靴が必要な程であった。当然風が吹けば粉炭が舞い上がり、近郊の公害苦情の原因に成る。更に装入時装入孔の所で小爆発が起きると言う設備保全、環境条件の著しい悪化を招くことと成った。種々の角度からの検討調査の結果、コークス炉フリュー温度1250℃以上で装入炭水分5%以下では前記の現象が激しく起こることが分かり以後水分5~6%の間で操作することにした。なお、その後各社設備稼働後全く同様の限界水分値が確認されている³⁾。

Fig.2に示すとおり、装入水分が低位にバラツキ少なく維持できるようになり、生産、品質変動が大幅に安定した。この結果、CMC効果としては、生産量+11%、乾留熱量8万3000kcal/T-coal削減、DI強度+1.7、他非微粘炭増配合20%等、CMC技術を従来のままの既存炉に適用し、大きな効果を発揮できることが分かり、以後順次国内各社に普及した。

1.2 DAPS (Dry-cleaned and Agglomerated Precompaction System) の開発

Fig.3, 4に示すとおり、水分低減の効果は熱量原単位低減に留まらず、特に装入密度の向上を通じ乾留プロセスの改善効果が大きいことから、CMCの5%~6%の制限壁を打ち破る開発に取り組むこととした。最大の課題は発塵量の増大と小爆発防止であり、微粉を如何に分離し、塊状化するのがポイントであった。種々の実験調査の結果

①石炭粉は乾燥するに従い、0.6mmの微粉部分が増大し、

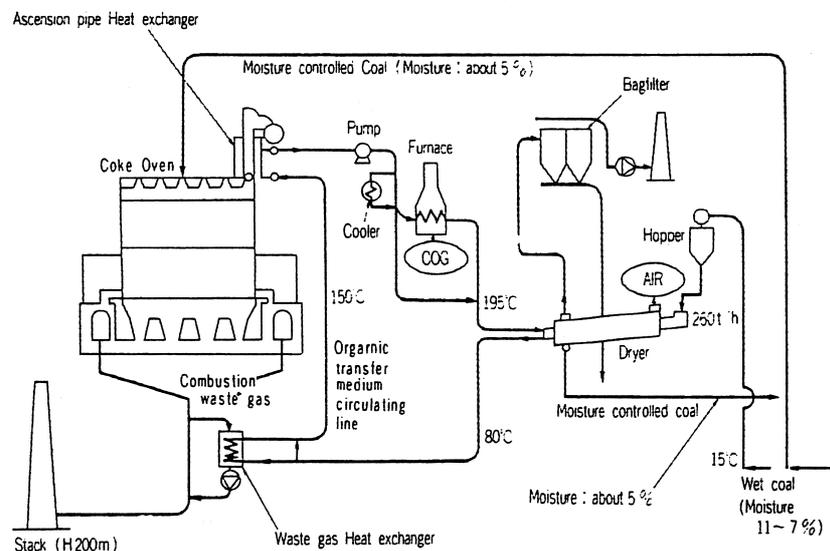


Fig.1 Flow diagram of coal-moisture control process

水分0では全体の4~5割になる。

- ② 発塵粉の正味正体は100 μm 以下の微粉炭
- ③ 微粉を造粒する場合、0.3 mm以上の粗粒が入ると急激にその強度が低下する。(Fig.5)
- ④ 0.3 mm以下の微粉炭の造粒はBulk densityを上げ、全膨張率が上昇コークス歩留まり・品質の向上が期待される。以上の結果から次のプロセス設計を定めた。
- ① 乾燥の目標値は経済効率の良い付着水除去レベルの2%とする。
- ② 0.3 mm以下の微粉部分を分離し成型塊状化し0.3 mm以上の粗炭と混合して炉へ装入する。プロセスの全体フローをFig.6に示す。

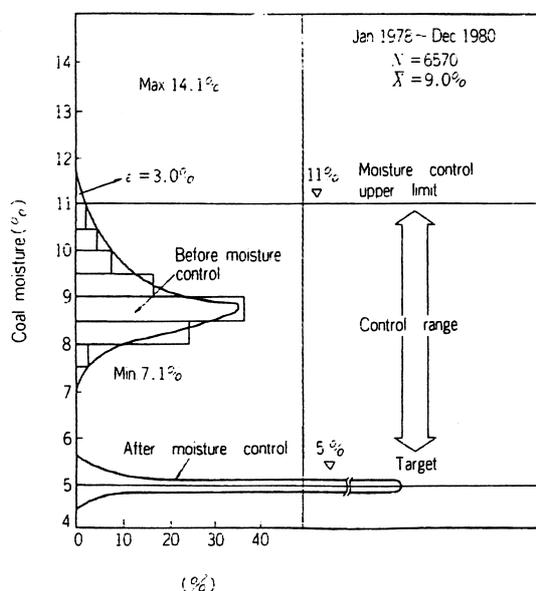


Fig.2 Moisture distribution of coal

Improvement of Productivity

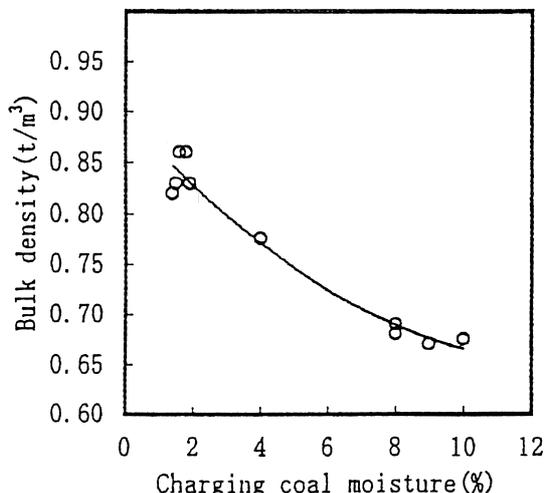


Fig.3 Relationship between charging coal moisture and bulk density

1.2.1 開発の苦勞・難課題

① 石炭微粉の篩い分け。

2~300トン/hrの石炭量を0.3 mmで上下に分級するのは極めて難しい課題であった。粗粒側に粉が残ると発塵が問題であり、細粒側に粗粒が混ざると塊成型後に粒が壊され微粉に戻り、結局発塵につながる。高い分級精度が要求される訳であり、篩を使用するような機械方式では成功は期待できず種々実験検討の結果、乾燥、分級を一連に行う方式に着眼し、極めて合理的な予熱、乾燥、分級流動炉方式の開発に成功した。段階的に乾燥度を上げ、付着疑似粒子の崩壊、粉、粗粒の分離、次いで乾燥完了時点での粉の流動飛散分級と各機能が一連につながって流れ乍ら、何処にも滞留しない構造の流動炉であり、これは他の部門でも活用できる素晴らしい開発だったと思う。なおこの部分の開発中、数回フェンオールが作動している。

② 粉炭の塊成化

成形法はブリケット、ペレタイザー、ロールコンパクター等があるが、乾燥粉なので同じような薬品業界が使用するロールコンパクターに的を絞った。小型実験機でやると比較的

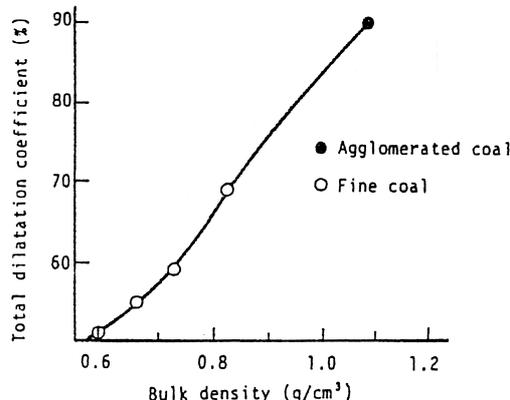


Fig.4 Relationship between bulk density and total dilatation coefficient of fine coal

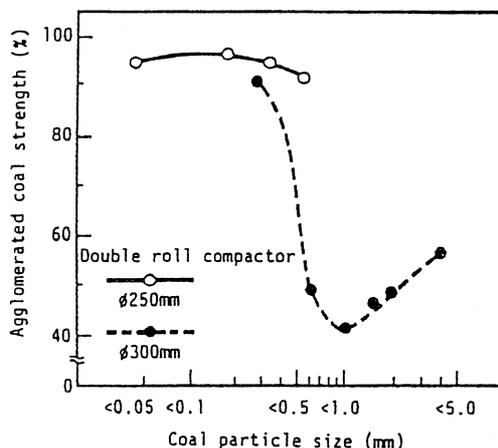


Fig.5 The Relationship between coal particle size and agglomerated coal strength

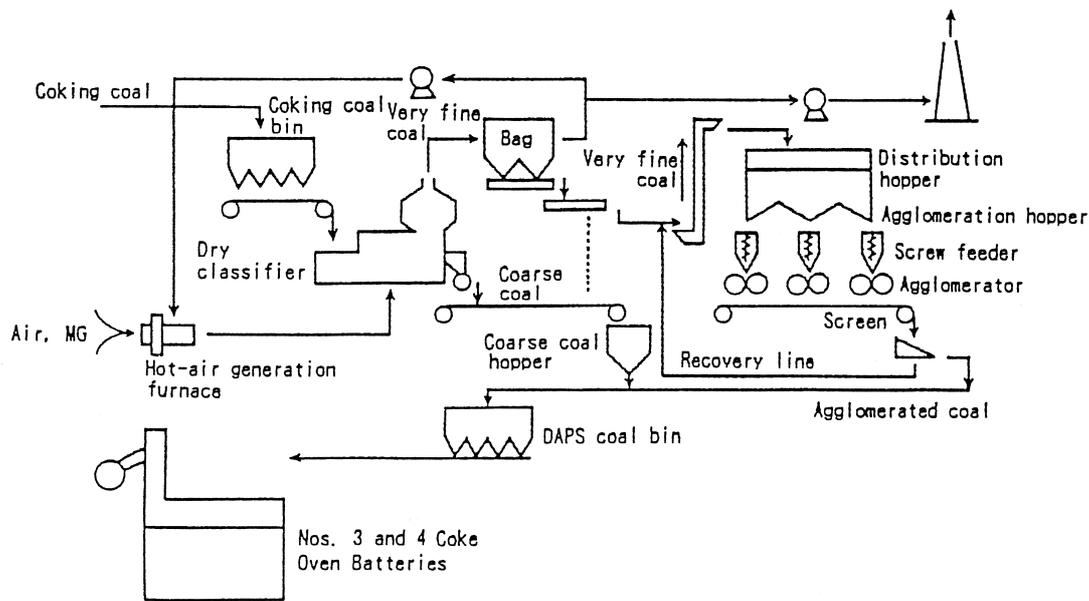


Fig.6 DAPS plant flow

うまく板チョコプレートができるが、スケールアップするにつれうまく行かない。縦ロール、カリバーロールを付けたり、screw feederで供給圧をかけ、また供給炭量とロール圧縮率の関係を調整し、種々のトライを重ねたがうまく行かず暗礁に乗り上げた。最後に原点に戻り、湿炭やバインダー含有原料と違い粒子間に空気皮膜が残り易く強度が出ないことに気付き、強制脱気装置付きのロールコンパクターを開発（圧密力最大2000 kg/cm²、ロール径1200 mm）により、微粉炭密度0.6 g/cm³→1.15の塊成炭密度ができています。

1.2.2 DAPSの稼働成果

第一号機は1992年9月から大分No.3, 4炉団でフル操業に入った。このプロセスの効果は従来の湿炭ベースとの比較で生産性+21%、省エネルギー -15%、11万kcal/t-coal、非微粘結炭の多量使用可能 10%→40%、等の省エネ、省資源、コスト削減の他、NO_x、SO_x、CO₂排出減による大きな環境改善成果があった。その後、名古屋、君津にトランスファーされている。CMC、DAPS技術はシリーズ的に開発されたが、毎日1万トンの石炭を乾燥し、2000トンの微粉を分離、塊成化処理を行うものであり、開発過程で爆発防止装置が5回作動している。いずれの場合も人身災害、設備破壊に至らずに済んだ。もし災害や破壊事故になっていたら、この開発は成功しなかったかも知れない。この面からPCIの爆発防止技術は部長三代に至る期間、安心して開発を継続専念でき、成功を導き支えてくれた陰の恩人と言える。石炭を微粉砕し活用する技術導入から、反対の微粉炭を塊成化処理する新技术開発へ繋がった発展はおもしろい。なおこの開発は後日、大河内記念生産特賞を受賞した。

2 万全なる中心流操業の確保

現在高炉の中心流操業は世界共有の安定操業技術のベース指針となっている。PCの多量吹き込みは装入原料のore/cokeの比率をOil injectionの時と比べ異常に上昇させるので、原料の分布特性上中心流が抑制される方向となる。

2.1 中心流操業の発生と発展

元来中心流操業の発信元は日本であり⁴⁾、少し内容経緯を整理する。中心流・周辺流という言葉は以前からあった訳だが、昔からブラックボックスと言われていた炉内反応との対応付けは種々の議論があり、操業技術との対応は未成熟だった。我が国で最初に炉頂ガスの温度と成分の分布を日々測定し、実操業管理に継ぐ操業を小田部部長の指導下で行っていた広畑では、安定生産の鍵は中心部の温度が高く η_{co} が低いガス分布の中心流型操業だとの思想のもとで1960年代末から操業が行われて居た⁵⁾。1968年、この思想に沿った広畑第3高炉の火入れ立ち上げ操業で最初は強く、立ち上げ後は少し抑制した姿の中心流は低燃料比に成り安定化につながると報告している⁶⁾。1970年、広畑第1高炉の解体の結果、極めて炉内反応が分かり易い逆V字型融着帯が観察され、中心流型思想の操業との対応が明らかに成った⁷⁾。洞岡、東田の解体調査結果と併せ、炉内反応の総合的な解明が行われ、新たな反応モデルの開発等を含めブラックボックスに光明が差して来た。

余談だが中心流操業の思想は解体後の調査で明らかになった融着帯の構造の視点から生まれた訳ではなく、中心流の操業方針で運転されていた製鉄所の高炉を解体したら、炉内は

逆V字型の融着帯構成に成っていたということである。炉内をイメージアップしながら、努力を重ね、中心流操業を完成させていた成果である逆V字型融着帯が明確になった時の感動は言葉には言いがたいものがあった。その後、中心流操業は融着帯の形成イメージを通して一般の人にも理解し易い考え方と成り、各種業界や技術交流会を通して広く採用される様に成り、世界の高炉安定生産技術の主流と成っている。

2.2 PC多量吹き込みと中心流

PC多量吹き込みは①空気比の低下による羽口先での未燃チャーの発生、炉芯めづまりの怖れ、②ore/coke増大で通気媒体役のコークスが減少し通気が重く成り易い、③一方流れ込み易い鉍石比率の増大で中心部は通気の悪いoreで覆われ易く成る、等で中心流が確保し難い方向にむかう。ArmorやPWのノッチを変えて分布調整をトライするも、精度が悪く、少し効き過ぎると逆U型と成り、戻すとW型へ行ったり来たりであった。また高いore/cokeでは設備能力上の制約と融着層の過厚化防止の立場からCoke layerは薄層化せざるを得ないが、流れ込みや崩れ込みでcoke layerが途切れたり鉍石・コークスが混合層化すると、炉内反応は乱れて来る。ショックレス装入が必要だがサイクルタイム能力上バッチ数にも上限がある。「狙いの所に装入ができる」がうたい文句のPWでも分布の調整は極めて難しかった。

2.3 コークス中心装入技術の開発

神戸製鋼加古川はコークス全量購入の製鐵所であり、PC多量吹き込みニーズが極めて強い。また、炉の中心部へ流れ込みやすく、中心流抑制型原料のpelletの配合比率が40～50%占め、中心流を安定維持するには大きなハンデイーを

背負っていた。この様な背景のもとで、如何にしても中心流を確保すべき操業法を見出さねばならなかった。

神戸製鋼では、研究所と工場が連携よく取り組み、中心コークス装入装置と言う素晴らしく効果的な中心流確保技術を開発・実機化した。Fig.7, 8に概要概念図を示す。この技術は炉の中心にコークスを少量狙い入れて中心ガス流の経路を確保するとともに、中間部の分布にも効果的な影響を与える。更に炉芯のコークスを必要な時に入れ替えることもできる。PW、Armorが絨毯爆弾の攻撃であることに対し、本法はミサイルピンポイント攻撃に相当する高精度、高効率な手法と言えよう。この技術を活用しながら、PC多量吹き込みの記録を次々と塗り替え日本で200 kg, 250 kgの壁を最初

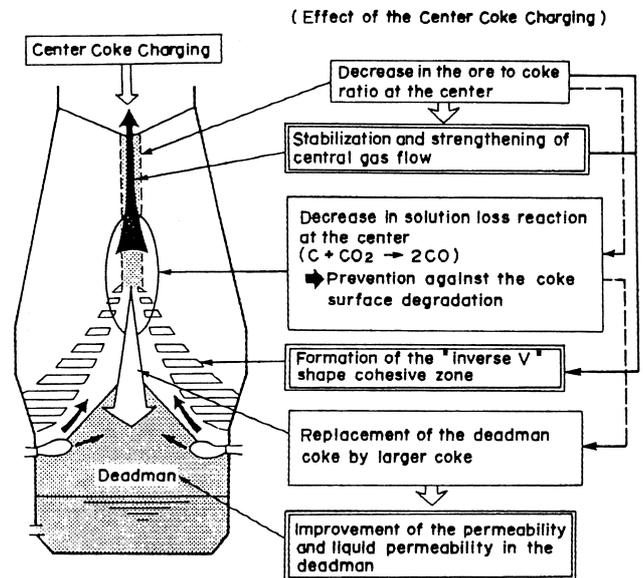


Fig.8 Effect of the center coke charging (Proc. 6th Int. Iron and Steel Cong., vol.2, ISIJ, Tokyo, (1990), p471)

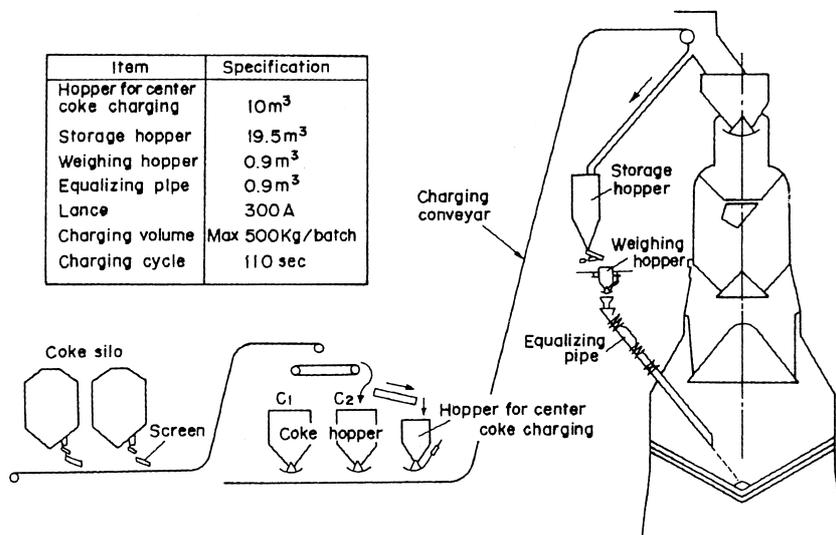


Fig.7 Equipment for center charged coke at Kakogawa-2BF (Proc. 6th Int. Iron and Steel Cong., ISIJ, Tokyo, (1990))

にクリヤーし、多量吹き込みの本来の目的である低コークス比の実績を上げている成果は大きい。

PC多量吹き込みニーズに応える安定生産中心流確保技術へのあくなき挑戦と情熱的取り組みが、一見簡単で誰が考えてもあたりまえと思われる物の中からコロンプスの卵を見つけ出した。PC多量吹き込み操業のみならず、いろんな原料条件の中でも中心流を確保する技術として、またコークス以外の物を入れる方法としても広く世界に普及して行くものと思う。

3 鉄レンガ プロフィール (高炉のレス耐火煉瓦プロフィール)

オールコークス操業では炉況が長期には安定し難くPCI導入の引金、背景に成った次第だが、その操業変動が高炉プロフィールに大きな傷を残して居た。それは羽口への重油吹き込みが減った分、周辺の降下スピードが上昇する一方、前記2.2と反対に、全体ore/cokeの絶対値は下がるが、相対的には周辺ore/cokeは上昇する。その結果、融着帯が逆U型となる分布になり易く、スキンプロー温度が上昇し、シャフト上部レンガが損耗された。炉下部は融着層根が下り過ぎ不活性化する。炉下部を活性化しようと周辺のore/cokeを下げ過ぎるとW型のガス流れとなり、炉体熱負荷は増大し炉下部煉瓦がアタックされる。この逆U、W、逆Vの融着層パターンとore/coke分布との関連は後日、一田氏のモデル実験⁸⁾で証明されている。炉壁が侵蝕され、また附着物が成長したりするとプロフィールは凸凹と成り、炉周に混合層ができ易く、ガスが抜けたり、融着層根の肥大化等を招く。(解体調査結果Fig.9や一田氏のモデル実験⁹⁾がよく裏付けて居る) 大分の1BFは既にPCIが始まり炉況はかなり安定化して居たが、スキンプロー温度は高めで操業変動が時々認められる為、定修時stock lineを下げて観察すると、シャフト上部がかなり円周不均一にFig.10に示すように損耗されて居た。プロフィールの修理法を、種々検討したが水冷ステープで損耗煉瓦の前面を覆う鉄レンガ方式に初めてトライし、シャフト上部プロフィールの長期安定維持を狙うことにした(Fig.10 Repair.)。新設と違い、円周不均一に損耗されたレンガの前面に円周均一にステープを組み込む。更に裏風が抜けにくい様、損耗レンガとステープの間に漏れ出さないようにキャストブルを流し込む等、限られた時間内での工事は難題が多かった。

1983年12月の工事前後の操業成績推移をFig.11, 12に示す。この結果から如何にシャフト上部プロフィールの正常化が大切かが一目で分かり、以後この方式での補修が広く採用されて行った。一方、炉体下部は高熱負荷対策で、稼動後崩れ

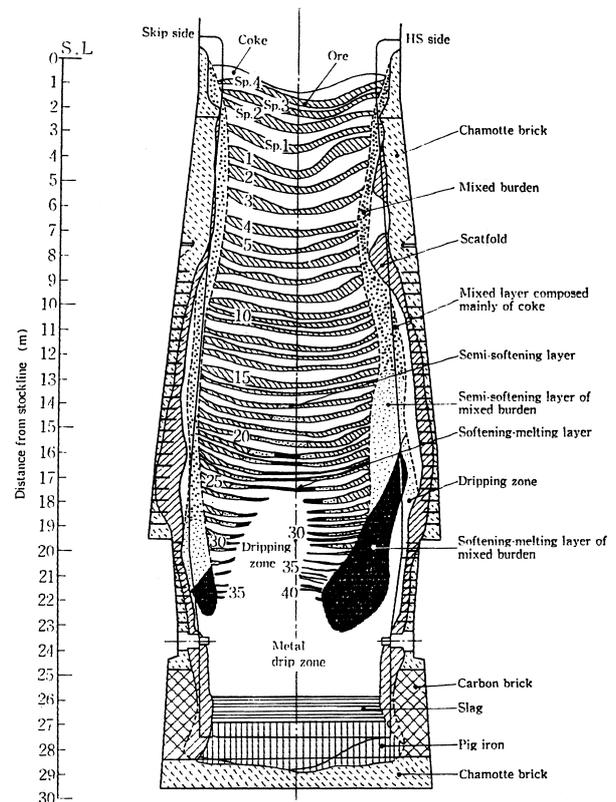


Fig.9 Kukioka No.4 BF, inside view

難く確実に残るレンガと一体型をなすステープ開発¹⁰⁾(四世代型)が進められて居たことと併せ、改修時のレンガ並びに炉体冷却構造が大幅に変ることとなった。すなわち、鉬石受金物は前面取替方式の耐磨耗プレート、シャフト上部は鉄レンガ(耐磨耗性ステープ)、シャフト下部炉腹は耐火レンガ一体型ステープであり炉腹から上はレンガ積みはやらない。高炉発祥以来「炉内は厚いレンガで」と言う従来のイメージを一転するものと成って来た。Fig.13に大分1高炉の2次と3次プロフィールを対比して示すが、ステープの改善は、これ以降の改修で、本来の狙いである長寿命化と炉内プロフィールの変形・変動を避ける目的に叶うのみならず、レンガが減った分炉内容積が有効拡大できる。また、高炉改修時ステープをマンテルにプレセットした姿で炉体大ブロック取り込み工事を可能とし、またシャフト炉腹レンガ積み工事省略と併せ工期の大幅短縮を可能とする成果を挙げている。オイルショックが引き起こした炉体損耗が引金と成り、数百年変わらなかった高炉の肉太耐火レンガ構成からレスレンガ炉体構造への大変革へとつながった。

4 検出端の開発

高炉の解体調査以後、特に炉内反応の理論モデル研究が進んだが、オイルショック後の操業変動、PCIの発展と併行し

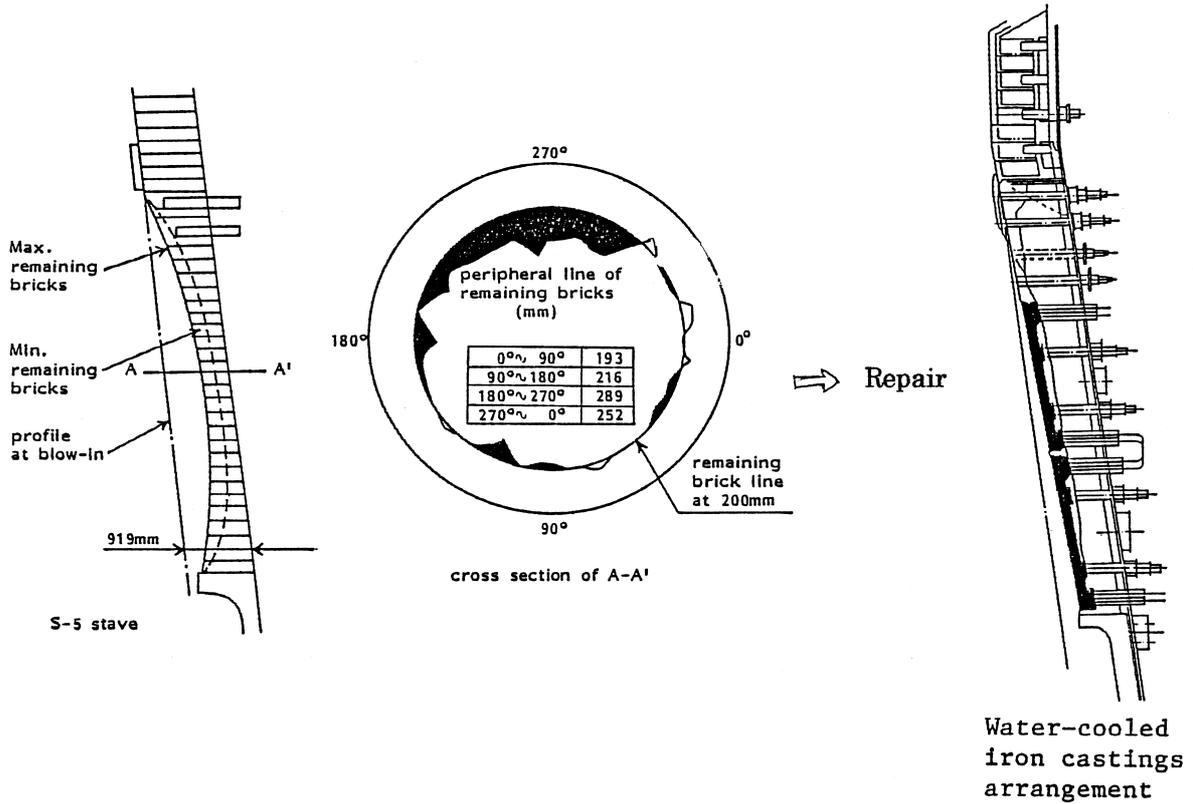


Fig.10 Shape of profile before the repair

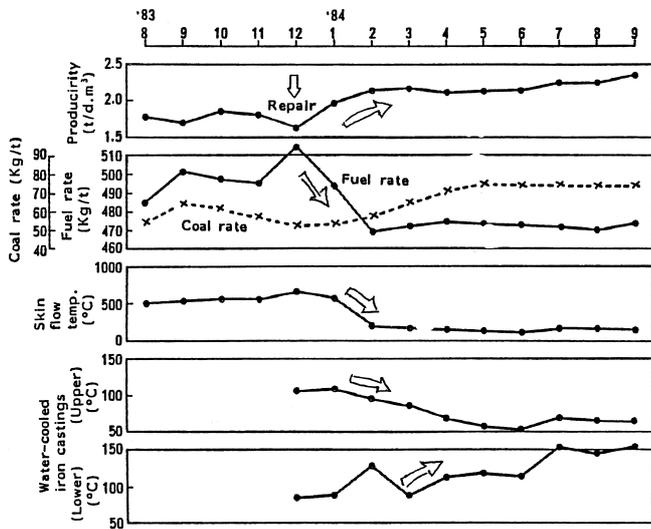


Fig.11 Operation before and after profile repair

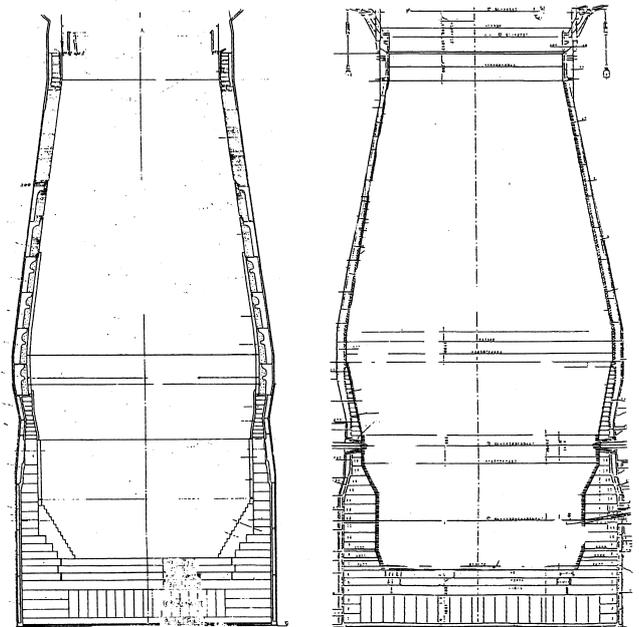


Fig.13 Change of BF inner brick lining

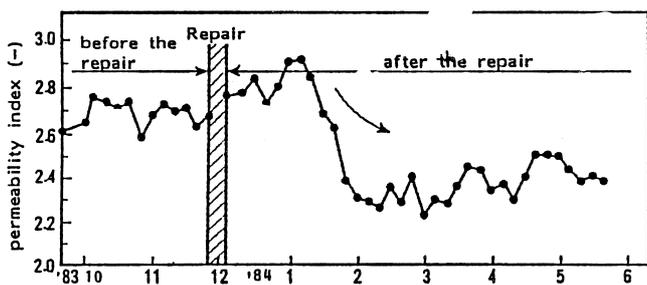


Fig.12 Transition of permeability

て、一層各種のモデル開発が行われPCI操業の参考に供された。例えば、与条件の変化に対応して総合的に炉内反応のガス流・温度・還元の各分布の変化が分かるBright Model¹¹⁻¹³⁾。流れ込み、崩れ込みで難解を極めていた装入原料の推定分布、ガス分布を土石流の考えを折り込んで造ったRabit Model^{14,15)}の開発等、各所で操業アクション前の事前検討として活用された代表的なものと言えよう。ところで、いろいろな予測モデルは仮定条件を入れて構成するが、仮定条件が多くなると段々空想の世界へ一人歩きを始めることがあり、現実との隔たりを要所で修正確認して行く必要がある。

各種センサーはその物の情報が大切なのは勿論だが、上記モデルを現実データで修正し、真実とつなぐピンジョイントの役目も果たし、理論モデル開発推進を支える重要な役割を担っている。

PCI導入に併行して炉内変化を見極めるべく各種ゾンデ、センサーが開発されて来て、花魁かんざしと言われる程多数¹⁶⁾に及んだ。特にPCIと深く関連する特徴的な物としては

- ①炉頂原料装入面のプロフィールメーター
- ②操業実態のより正確性を求めたレースウェイ部の平面斜行ゾンデ¹⁷⁾ (隣の羽口より挿入。)
- ③実炉を実験炉として活用する原料サンプル装入型垂直ゾンデ^{18,19)}
- ④融着帯の大切な根部/炉芯を調査する炉腹ゾンデ (根部ゾンデ)²⁰⁾ 等があるが、各々の詳細内容は発表済み資料を参照いただきここでは燃料吹きこみの有・無で大きく変化する炉下部の根部ゾンデ開発について述べる。

大分の製鉄部では、高炉炉内反応を総合的に解明し操業改善を図るSAFRAN (Synthetic Approach to Furnace-condition Refining and Analysing) プロジェクトを結成して取り組んで居た。活動の一つとして稼働中の高炉の融着帯の挙動、とりわけ一番重要と考えられる炉下部の根部 (レースウェイ~融着層~炉芯に囲まれ、気体、液体、固体が混流する所に隣接する部分) にメスを入れたいとの思いがつのった。興味が大きい所だが、炉腹、朝顔は炉体で熱負荷が高く炉寿命を左右するほど設備管理が重要な所であり、それも世界トップの大きさを競う超大型、高温、高圧の炉令も働き盛りの第二高炉のドテッパラに孔を開けようと言うことである。無謀と言われたが、建設設計以来、高炉と生命を共にし、炉を熟知したスタッフに支援され果敢に挑戦することにした²¹⁾。

分厚い炉体マンテル、そして外から見えないステープパイプレイアウトの隙間をめがけて本体を削り貫き、羽口上5.6 mから融着層を串刺しにするように斜行させ、炉芯部に届く様に長さ13.5 m (炉内側6.5 m) 外径114^m・φの大型ゾンデを開発・装着した。Fig.14, 15に高炉全体との関係を示す。計測機能は炉内原料サンプリング、ガス温度、成分分析、

光計測に依る炉内観察・放射温度計による固体温度計測、その他マイクロ波計測等である。世界で最初に高炉にゾンデを入れ研究を始めたのは1839年R.W.Bunsen²²⁾だが、以来150年の間、稼働中の炉内の情報はガスの温度・成分の域を出なかった。それがこの光計測、マイクロ波計測で固体、液体の情報が初めて得られるようになった意義がある。このゾンデの運転は本体破損や溶損することなくまた、火を噴くような事故もなく極めて順調な運転を続け有益な各種情報が得られた^{23,24)}。

専門外の人を含めて一番喜ばれたのはイメージファイバーに依る炉内の直接観察であった。真っ赤な高温融着層、大切

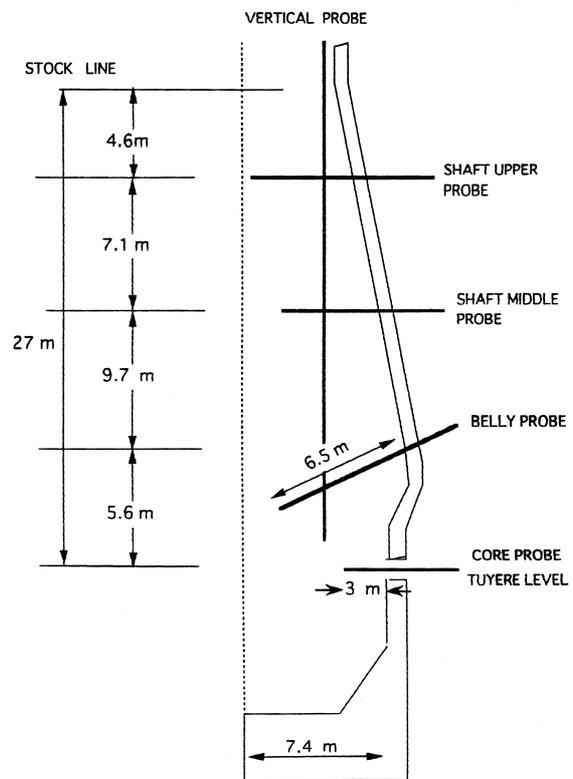


Fig.14 Locations of probes at Oita 2BF (1st campaign)

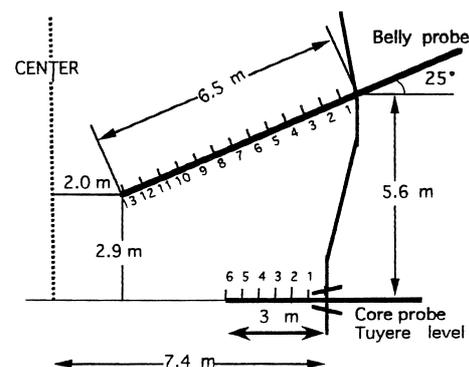


Fig.15 Configuration of measuring points in a belly probe and core probe

な slit layer の大粒コークス、白い高熱コークスが浮遊する炉芯と融着帯境界の loose pack zone の様相等、手に取るように見える。稼動中高炉の一番大切な部分を世界で最初に観察したゾンデであり、ビデオに収録編集して、部会、テクニカルミーティング^{25, 26)}等で広く紹介して炉内反応理解のイメージ造りに寄与した。余談だが、川崎製鉄(現JFEホールディングス)の西山社長が生前の現役時代、高炉に大変興味を示され「高炉高温反応部を直接観察できる様にしたら賞金5億円出すとおっしゃった」と聞いたが、遅かった、生前に是非お見せしたかった、誠に残念である。この様に成功を収めたゾンデ開発であったが、実はこの設計に際し、今から約70年前Appleby - Frodingham Steel Co.のNo1BFで炉反応研究用に一年に亘って活用されたDr. D.M..Newitt設計ゾンデ²⁷⁾の考え方が大きな参考に成った。第二次世界大戦以前の高炉研究用ゾンデが現代の最先端計測技術の開発に役立つとは、「先人が炉内を究めたい」と言う想いは今と変わらない、否今より強烈だったのかも知れないと思いつつ感激、感謝の、まさに温故知新のゾンデ開発だった。

むすび

PCIの導入を起点に或いは追従・併進的に新たに発展、開発されてきた技術について、いくつか思い出すままに述べさせて貰ったがこれらを通じて学んだことは

- 新しい技術開発のテーマや課題は常日頃当たり前だと思ってることの中に、またどうにもならないと思いつ込んでる中にも大切な物がまだまだ眠っている。
- 難題にぶつかったり、暗礁に乗り上げたらやっとならぬ側にたどり着いたと喜ばばよい、粘り強く常に原理・原則に立ち返って考え、取り組みれば必ず解決の鍵がある。
- アプローチの仕方は変化するが、開発の基本や取り組みの精神は普遍であり、先達の報告や古い記録に大切なヒントが埋もれている。

等幾つかの大切なことを教えられた。

鉄鋼技術はあらゆる科学・技術分野との関連が深くその総合である。開発や研究に夢を抱いて取り組み、シーズや課題は無限と思われる。終わりに今後日本鉄鋼業が世界の新技术開発のリーダー役として益々発展することを祈念するものである。

参考文献

- 1) S.Wakuri, M.Ohno and K.Hosokawa : Fifth International Iron and Steel45, (1986), 303.
- 2) 和栗眞次郎：工業加熱, 24 (1987), 39.
- 3) 日本鉄鋼協同研究会コークス部会, 1994年11月(NKK

京浜)

- 4) 羽田野道春：高炉製鉄法, 鉄鋼技術の流れ1, 日本鉄鋼協会, (1999), 81.
- 5) 富士製鉄技報, 18 (1969), 119, (20年記念特集号)
- 6) 江崎潔, 和栗眞次郎, 金森健：鉄と鋼, 55 (1969), 7.
- 7) 神原健二郎, 萩原友郎, 重見彰利, 近藤真一, 金山有治, 若林敬一, 平本信義：鉄と鋼, 62 (1976), 535.
- 8) 一田守政, 西原一浩, 田村健二, 須賀田正泰, 小野創：鉄と鋼, 77 (1991), 1617.
- 9) 一田守政, 西原一浩, 田村健二, 須賀田正泰：鉄と鋼, 77 (1991), 2107.
- 10) 伊藤史生, 花房章次, 竹井良夫, 光安祐治, 水野葆祿：鉄と鋼, 78 (1992), 1179.
- 11) 杉山 喬：第94・95回西山記念技術講座, (1983.11月)
- 12) 杉山 喬, 須賀田正泰：製鐵研究, 325 (1987), 34.
- 13) M.Naito, K.Yamaguchi, T.Sugiyama and Y.Ioue : 10th PTD Conference Proc. (AIME), (1992), 55
- 14) 奥野嘉雄, 国友和也, 入田俊幸：鉄と鋼, 72 (1986), 783.
- 15) 奥野嘉雄, 松崎真六, 国友和也：鉄と鋼, 73 (1987), 91.
- 16) 三木美昌, 金子晃三, 小杉實, 他：製鐵研究, No.308 (1982), 1.
- 17) 武田幹治, 田口整司, 福武鋼, 加藤治雄, 池田義俊：鉄と鋼, 72 (1986), A17.
- 18) 奥野嘉雄, 入田俊幸, 須澤昭和, 松岡宏, 磯山正, 南外孝, 沢雅明：鉄と鋼, 69 (1983), S84.
- 19) 高田司, 相馬英明, 入田俊幸, 神坂栄治, 木村春男, 磯山正, 須澤昭和：鉄と鋼, 72 (1986), 203.
- 20) 和栗眞次郎, 金森健, 樋口宗之, 土井勇次, 宮辺裕：鉄と鋼, 69 (1983), S83.
- 21) 岩井正和：新日鐵の技術精神 (PHP), 50.
- 22) R.W.Bunsen : Poggendorf's Annalen, 146 (1839), 193.
- 23) 馬場昌喜, 和栗眞次郎, 井上義弘, 芦村敏克, 内藤誠章：鉄と鋼, 80 (1994), 89.
- 24) 芦村敏克, 森下紀夫, 井上義弘, 樋口宗之, 馬場昌喜, 金森健, 和栗眞次郎：鉄と鋼, 80 (1994), 457.
- 25) 和栗眞次郎：日本學術振興会第54委員会, (1983.11月)
- 26) S.Wakuri : The Joint Symposium of ISIJ and AIMM 1983.10. Tokyo, 117.
- 27) The Iron and Steel Institute (1937) Special Report, No18.

(2003年2月26日受付)