省エネリリース機構の開発

荻原　靖元*
Yasuyuki Ogiwara

現在，長引く不況や東日本大震災から経済が回復傾向にあるなか，厳しい電力供給事情への対応や経済成長に伴う環境問題が喫緊の課題となり，『省エネ』の重要性が一段と高まっている．

弊社の主力製品であるレベラフィーダは，コイル状の鋼板の巻き癖を平坦に矯正しながらプレスと同調して金型内に定寸送りする装置であり，これらのレベラフィーダが環境に与える負荷を軽減させることを目的に，省エネリリース機構を開発した．

省エネリリースは，すでに弊社レベラフィーダのリリース高速化に於いて，リリースを行うアクチュエータをエアシリンダからエネルギー効率が良いサーボモータを使用することで，高速化と共に省エネ効果を得ることが可能である．しかし，リリース機構の商品化を考えた場合，サーボモータ仕様で削減可能な電力コストに対して装置に掛ける費用が高く，現時点での商品化は難しいと判断した．家電製品の購入に例えると，省エネ製品を選んで購入するというよりは，新製品であれば省エネ効果は従来比に比べ，あって当たり前の意識が強いように感じる．家電製品と産業設備機械との差はあるが省エネに見合った仕様原価にする必要がある．

本稿は，プレス加工の特徴や弊社レベラフィーダ矯正とリリース原理の説明を織り交ぜ，『カムを用いた省エネリリース機構』（写真 1）の開発から完成に至るまでの経緯と今後の取り組みについて紹介する．

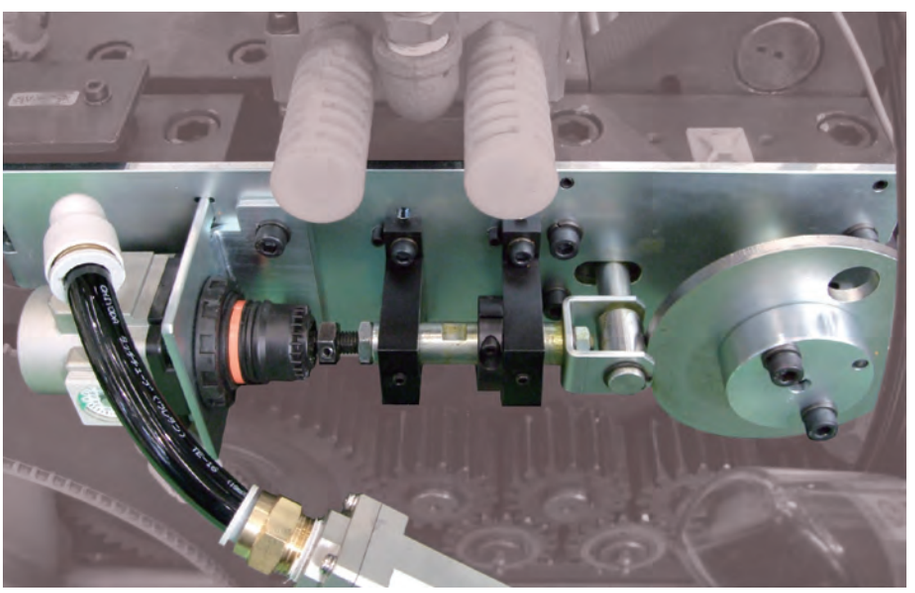


写真 1　カム方式　省エネリリース機構

原稿受理日：July 31, 2013
*オリイメック株式会社　技術生産本部　技術部　開発課

１．緒言

省エネリリース機構は，弊社製品シリーズの中型機に相当するHF レベラフィーダへ搭載し，省エネ効果による空気消費量を約30%削減させることを目標に開発を進めた．

しかし，省エネリリース機構を搭載すると言っても，生産側の作業者にとって部品が加工できることが最優先のため装置能力が下がってはならない．又，生産に対する費用対効果がなければならない．つまり，いかにして部品コストを押さえて省エネリリース機構を追加しなければならないかが大きな課題となる．

そうした中で生まれた，カムを用いた省エネリリース機構を搭載することにより，最大で従来比約 50%の空気消費量削減を達成することが出来た．

２．プレス順送加工

プレス加工とは，上金型と下金型の間に材料を挟み一定圧力と微少な時間で加工する製作方法である．

材料は鉄，ステンレス，アルミ，銅系等が多く，形状は薄い板材や小さなブロックである．一概に例えば“鉄”といっても種類は非常に豊富で，全く違う材料特性を示す．故に金型やプレス本体の選定，弊社が生業としている周辺機器もそれにあわせて多種多様になる．

このプレス加工のメリットは，大量に高速で同じ品質の部品を製作することが出来，大量生産数を分母にすることで１個あたりの諸経費回収分を格安に出来ることである．

プレスが行えることは，穴を開ける，切断する，曲げる，深い絞りを与える，かしめる，強度を上げる（鍛造），面を仕上げる，刻印等色々な作用を複合し製品を成型する．

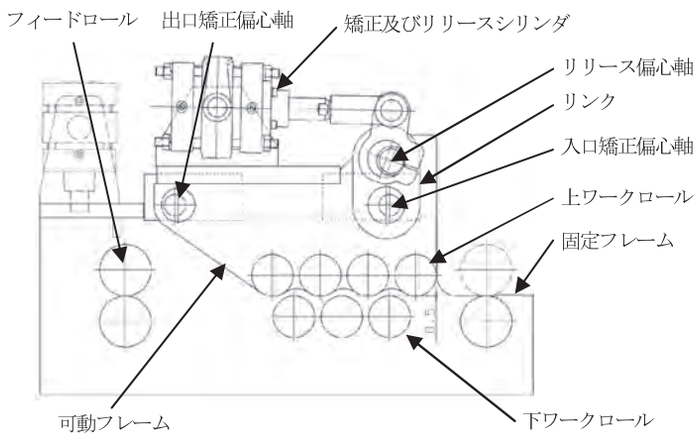
成型するにあたり割れる，シワが寄る，精度不良などといった様々な問題回避のために，一般的には１つの製品に対し複数金型を用いて，複数工程を経ることで最終製品形状に仕上げるのである．

現在，プレス自動化で最も多い『順送』は，１ つの大きな金型脚部（ダイベース）に，加工ライン方向に対し複数工程分の金型が等間隔で配置されている．材料はフィルム写真機のネガのようなイメージで，製品となる部分を中心として，本来切り捨てる周囲の部分と一部だけつながった状態のまま，最後の工程まで切り離さない．

動作としては，プレス入口側もしくは出口側に設けた送り装置で，餅つきの“杵”係と“コネ”係の如く，タイミングよくプレスの打っている合間を縫って定尺送りを行う．通常はプレス上下運動で下死点付近を加工時間に使用し，それ以外を送り装置の時間として使用することで，プレスの回転を止めることなく連続加工し続けることが出来る．メカ的に動く要素も少ないため高速動作が特徴である．

３．レベラフィーダの仕組み

３．１　レベラフィーダの特徴



第１図　レベラフィーダ各部の名称

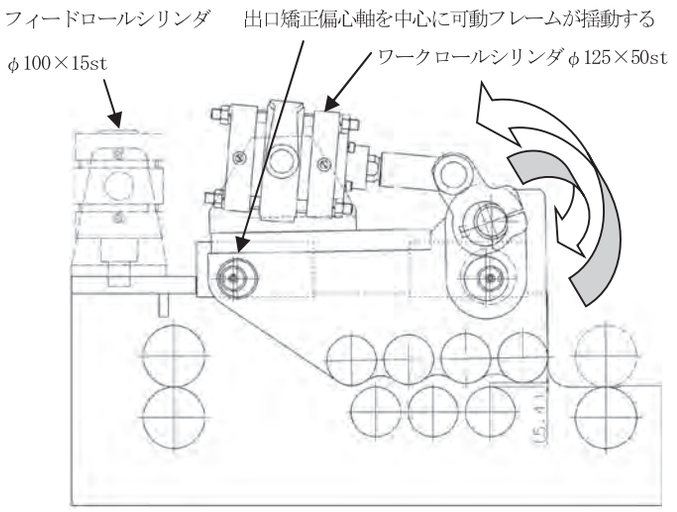
レベラフィーダとは，固定フレームに１列に取り付けられた複数の下ワークロールと，下ワークロールに対して千鳥状となるように可動フレームに１列に取り付けられた複数の上ワークロールと，エアシリンダのエア圧によって固定フレームに対して可動フレームを揺動させ，複数の上下ワークロール間に板材を挟持させることによって板材に矯正力を負荷することと，板材をリリースすることを交互に行う．板材を挟持する際の複数の上ワークロールと，複数の下ワークロールとの上下間隔を変化させて板材の曲げ量となる圧下量を調節する圧下量調節機構（偏心軸，ジャッキ，傾斜ブロックと種類がある）を有している．

又，曲げを矯正された板材を挟持してあらかじめ設定された送り長さで搬送するフィードロールを備えた装置である．第１図は，レベラフィーダ各部の名称を示す．

３．２　リリースの仕組み

レベラフィーダのリリースは，プレス順送加工に於いて，レベラフィーダがコイル材料を矯正しながらあらかじめ設定された長さを送りプレス金型がパイロットピンで材料の位置決めを行うと同時に，材料を矯正して送っていた上ワークロールが上昇して材料から離れる動作を言う．弊社製品のHF レベラフィーダリリース構造は，偏心軸３本とリンクを用いている．偏心軸３本中２本はリンクと共に入口側にあり，リンク下側の偏心軸を入口矯正偏心軸，上側をリ

リース偏心軸に使用している．HF を含む中型，小型機に相当するレベラフィーダがリリースに使用するアクチュエータは，主にエアシリンダを使用しており，シリンダの押し引きによってリリース偏心軸を回転させることで，矯正し送っていた上ワークロール群を支える可動フレームを，出口矯正偏心軸を支点に上下に揺動させる．



第２図　上ワークロールがリリースした状態

第２図は，リリース偏心軸が回転して，上ワークロールが下ワークロールに対して上昇した状態を示す．

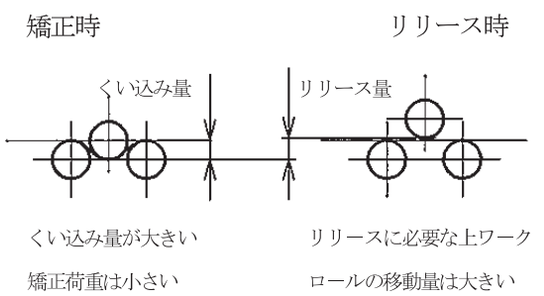
第１図に於いて，上ワークロールと下ワークロール間の隙間は-0.5㎜であるが，シリンダストローク分だけリリース偏心軸が回転することにより，可動フレームがリンク及び入口矯正偏心軸を介して，出口矯正偏心軸を中心に反時計回りに回転し，上下ワークロール間は約5.4㎜と広がっているのが分かる．このように，リリース偏心軸が回転することによって，鋼板を狭持した状態からリリースすることが出来る．

レベラフィーダのリリースを詳細に見ると，ワークロール部とフィードロール部に別けられる．フィードロール部は，搬送する材料の板厚や板幅の条件で，加圧力の調整を行う必要があり，条件毎にエア圧力が変化する．又，材料を挟持して送るため，シリンダストロークもワークロールのエアシリンダに比べるとストローク量も小さくなる．HF レベラフィーダのフィードロールエアシリンダはφ100×15st，ワークロールシリンダはφ125×50st である．省エネに関しては，両方のエア消費量を削減することが理想だが，フィードロール部はストロークが短いことや材料仕様毎で任意にエア圧を切り替えるため，省エネ効果が判断し辛い．よって，ワークロール部で検討を行うこととした．

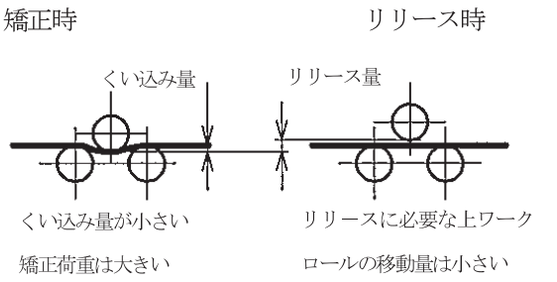
３．３　リリース量と矯正荷重

HF レベラフィーダの材料板厚仕様は0.3㎜から4.5㎜である．ワークロールシリンダの仕事は，上ロールと下ロールをくい込ませた所にジグザグに鋼板を通して，巻きぐせを平坦に矯正が出来ることと，材料のリリースが出来ることにある．

〔薄板の場合〕



〔厚板の場合〕



第３図　薄板と厚板の矯正とリリース比較

第３図は，ワークロール部でコイル材を矯正している状態とリリースした状態を，薄板の場合と厚板の場合とに別けて比較したものである．矯正力は板厚が薄くなるほど矯正荷重は小さくなり，逆に板厚が厚くなるほど矯正荷重は大きくなる．よって，シリンダボア径はHF レベラフィーダ最大仕様の材料板厚によって決まる．薄板の場合，矯正荷重は小さくてすむが，矯正量（ロールのくい込み量，インターメッシュとも言う）が大きいので，リリースに必要な上ロールの移動量は大きくなる．厚板の場合，矯正荷重は大きくなるが，矯正量が小さいので，リリースに必要な上ロールの移動量は小さくて済む．

４．従来機の省エネ問題とコスト

４．１　従来機のエネルギー効率

HF レベラフィーダのワークロールシリンダφ125×50st の50 ストロークは，薄板を矯正する場合に必要なリリース

のためのストローク長さである．レベラフィーダの薄板と厚板の関係をまとめると,『薄板は矯正荷重が小さくリリース量は大きい．厚板は矯正荷重が大きくリリース量が小さい.』．従来機の能力は，装置能力範囲内の仕様を満足する必要があるため，ワークロールシリンダは薄板で必要なシリンダストロークと厚板を矯正するボア径とエア圧力で決められている．この構造だと，矯正荷重とリリース量共に一番厳しい条件を組み合わせた積によって装置能力が決まるので，ここにエネルギーの無駄が生じる．薄板で矯正荷重（シリンダボア径とエア圧力）が，厚板ではリリース量（シリンダストローク）が無駄になっている．

４．２　省エネと費用対効果の問題

第１表　矯正荷重とリリース量の関係

材料板厚	矯正荷重	リリース量
板厚　小	加圧力　小	大（矯正量　大）
板厚　大	加圧力　大	小（矯正量　小）

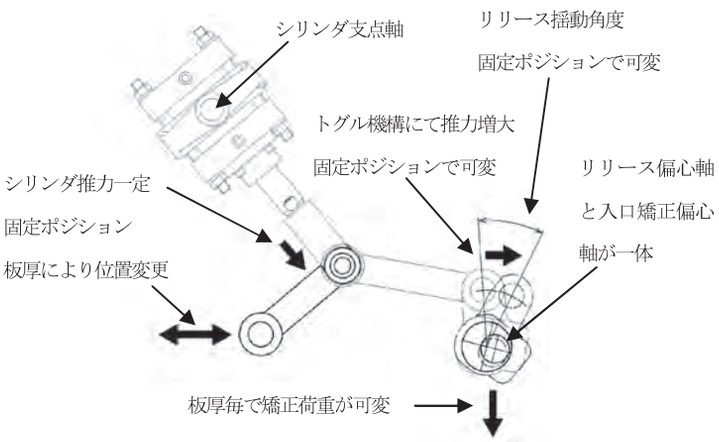
矯正荷重とリリース量の関係の比較表を第１表に示す．従来機は破線で囲っている部分で能力を出している．理想は，実線で囲っているように板厚毎に矯正荷重とリリース量を変化させることが出来れば，必要最低限の装置能力で済み最もエネルギー効率が良い使い方となる．弊社シリーズのサーボリリースレベラフィーダは,この能力を満たし，さらに高速化にも優れており省エネ観点で見れば一番理想的であるが，費用対効果の観点から見ると高額になってしまうことが大きな問題となっている．

５．新機構の原理

５．１　新機構検討時の失敗例

省エネ検討を行う際，サーボモータに変わる機構を検討したが，費用対効果に見合わず失敗した例を述べる．第１表で，板厚毎に矯正荷重とリリース量を変化させることが出来れば，必要最低限の能力で済み最もエネルギー効率が良い使い方と述べたが,弊社HF レベラフィーダの矯正とリリースは偏心軸とリンクを用いて行っているので，これをエアシリンダで行うにはリリースポジションの変更が必要となる．薄板ではリリース偏心軸の揺動角を大きくし，厚板では揺動角が小さくなる代わりに矯正荷重を大きくなるような機構の検討を行った．

第４図は，トグル機構を用いたリリース構造となる．シリンダのエア圧が一定の時，矯正する板厚に対して固定ポジションを変更することで，矯正に必要な荷重とリリース量を可変出来るため省エネ効果が得られる．しかし，シリンダ支点軸の固定及び固定ポジションの移動方法が難しいことや，偏心軸を一体化出来る利点はあったがサーボモータの使用と同様に製作コストが大きな問題となってしまい構想段階で無理だと判断した．



第４図　トグル機構を用いたリリース構造

５．２　カムを用いた簡素な機構

HF レベラフィーダの原価に見合った予算で省エネを行える機構はないかと考えた結果，第２表に示すようにリリース量は一定で，ワークロールシリンダのエア圧力のみを可変させて矯正板厚に見合う矯正荷重に変更する方式をとった．この方式であれば，簡単なカム構造を用いるだけでエア圧力を切り替えることが可能となった．

第２表　矯正荷重とリリース量一定の関係

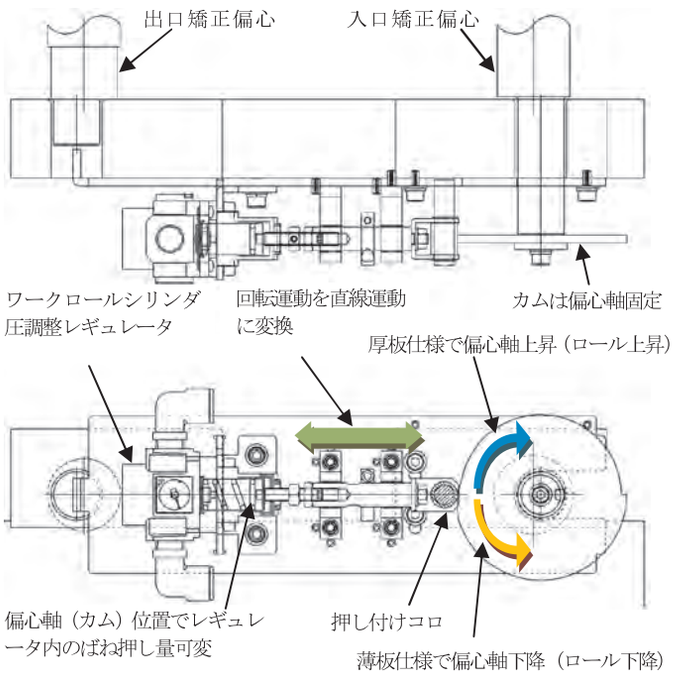
材料板厚	矯正荷重	リリース量
板厚　小	加圧力　小	大（従来機同様）
板厚　大	加圧力　大	

（板厚毎に可変）

空気消費量の単位に NL（ノルマルリットルとは，学術的な標準状態のことを指し温度 0℃,大気圧 1013hPa,相対湿度 0%という基準状態で測定した値を差す.）があり，同じシリンダ容積でもエア圧力によって増減する．そこで，使用するエア圧力を落とすことによって空気消費量を削減させる．

レベラフィーダは，計算式で矯正する板厚毎にワークロールの矯正量（ロールのくい込み量，インターメッシュ）のデータを算出し，材料毎に作業者が入口矯正偏心軸を回転させ矯正量を変更することに着目

し，これに連動するようにシリンダエア圧力も同時に切り替わるようにした．第５図はカムを用いたエア圧力可変ユニットを示す．

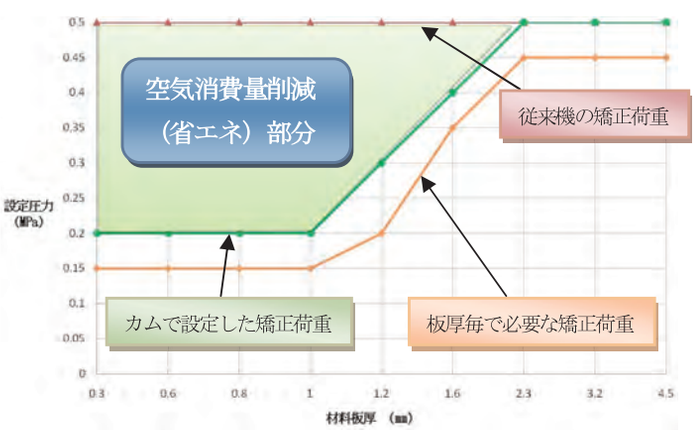


第５図　カムを用いたエア圧可変ユニット

レベラフィーダは，計算式で矯正する板厚毎にワークロールの矯正量を算出している．作業者は算出した矯正値を目安に入口矯正偏心軸をハンドル又はモータ等を使用し回転させてロールの位置を決める．入口矯正偏心軸に取り付けたカムとカム外周に押し付けているコロにより，偏心軸回転角度をレギュレータ内部の圧力調整ばねの押し込み量に変換する．カムは，あらかじめ計算された板厚毎の矯正荷重になるような形状となっているので，板厚毎に必要なワークロールシリンダのエア圧に設定可能となる．単純に，ロール位置変更とレギュレータ圧力変更を別々に設定する一般的な使い方もあるが，連動させたほうが材料毎に都度変更する手間や設定ミスも省けるのでお得である．

ただし，カム機構は算出した矯正荷重になるように形状が決まっているため，薄板でもロールを深くくい込ませて平坦度をシビアに出したい顧客にとっては不向きとなる．（ロールをくい込ませるほどに矯正荷重が小さくなるため．）そこで，ワークロールシリンダに供給するエア回路を 2 系統に別け，従来機と同様に装置能力最大の矯正荷重をかけられる回路とカム機構により板厚毎の矯正荷重に可変させる省エネ回路を手動で切り替えられるようにした．こうすることで多種多様な材料仕様に対して対応出来るようにした．

省エネ効果を分かり易く説明すると，第６図の板厚と矯正に必要なシリンダ圧力グラフで示すように，従来機の HF は矯正する板厚が変わっても，エア圧力は 0.5MPa（従来機 HF レベラフィーダのワークロールシリンダ設定圧力）で一定であった．しかし，カム機構を用いることで板厚が 2.3mm 以下の材料を矯正した時に省エネ効果が得られ，板厚が 1.0mm 以下では矯正に必要なエア圧は 0.2MPa 程度で良くなる．この場合の空気消費量を NL 換算すると，理論上最大 50%以上の省エネ効果が見込めると判断出来る．実機検証では，HF レベラフィーダ能力の仕様内で矯正する材料毎の省エネ運転使用率を設定し，使用率平均目標を 30%と定め検証を行った．



第６図　板厚と矯正に必要なシリンダ圧力グラフ

６．省エネリリース検証結果

レベラフィーダの基本仕様と検証結果は以下のとおり．

６．１　HF レベラフィーダ基本能力仕様

ワークロールシリンダボア径	：φ125×50st
シリンダエア圧力	：0.5MPa
最大リリース回数	：100spm

６．１．１　従来機　HF レベラフィーダリリース検証

0.5MPa エア消費量　（使用率 100%）	：540NL/min
エア消費量換算	：1m³ 当り 125Wh
電気代（一般家庭の目安，当時）	：1kWh22.86 円
1 年間当りの消費電力量	：7,776kWh
1 ヶ月電気代　（日=8h，月=20 日）	：14,813 円
1 年分の電気代（年=12 月）	：177,759 円

（注）ワークロールシリンダ使用率は，エア圧 0.5MPa 使用率100%で算出している．

６．１．２　省エネリリース機構『使用率平均』検証

0.2MPa エア消費量　（使用率 40%）	: 110NL/min
0.3MPa エア消費量　（使用率 20%）	: 77NL/min
0.4MPa エア消費量　（使用率 20%）	: 96NL/min
0.5MPa エア消費量　（使用率 20%）	: 107NL/min
エア消費量合計（使用率 100%）	: 390NL/min
エア消費量換算	: 1m^{3}当り 125Wh
電気代（一般家庭の目安，当時）	: 1kWh22.86 円
1 年間当りの消費電力量	: 5,616kWh
1 ヶ月電気代　（日=8h，月=20 日）	: 10,698 円
1 年分の電気代（年=12 月）	: 128,382 円

（注）ワークロールシリンダ省エネリリース使用率は，エア圧 0.2MPa から 0.5MPa までの合計が 100%となるように算出している．又，使用率は経験上．

６．１．３　省エネリリース機構『省エネ最大』検証

0.2MPa エア消費量　（使用率 100%）	: 275NL/min
エア消費量換算	: 1m^{3}当り 125Wh
電気代（一般家庭の目安，当時）	: 1kWh22.86 円
1 年間当りの消費電力量	: 3,960kWh
1 ヶ月電気代　（日=8h，月=20 日）	: 7,543 円
1 年分の電気代（年=12 月）	: 90,526 円

（注）ワークロールシリンダ使用率は，エア圧 0.2MPa 使用率100%で算出している．

検証結果より，省エネ効果による空気消費量約 30%削減の目標に対して，『使用率平均で約 28%，省エネ効果最大で約 50%』近く空気消費量が削減可能であることが分かった．想定していた使用率平均 30%を若干下回った理由は，ワークロールのリリース動作で，シリンダ開閉ソレノイドで回路を切り替える際，シリンダ内部や配管内の全てのエアが大気開放しきっていないためと判断した．

６．２　カム機構の費用対効果

今回のカム機構の試作は，省エネ機構を搭載する機種の製造原価に見合った予算で検討した結果，コストを抑えるために，カムを始め多くの部品をレーザ加工と板金構造を多用して製作した．しかし，レベラフィーダの矯正に於いて入口矯正偏心軸の回転角度範囲が小さいため，シリンダエア圧調整の安定性や再現性が問題になった．ハウジングの公差など問題となった箇所を機械加工することで性能は大きく安定したが，想定していたコストを少しオーバーしてしまう結果となった．

検証結果から，カム機構搭載 HF レベラフィーダの省エネ効果が実証されたため，その他の中型機レベラフィーダシリーズの HR3，92HT にも展開することが出来れば，今後ある程度の部品をまとめて量産化する方法や機械加工部品をロストワックス（鋳造）で製作するなどの変更を行い，製作コストの削減を見込んでいる．

６．３　省エネ機構のバリエーション

今回の省エネリリース機構は，費用対効果からカム方式を採用した．省エネを行う方法は，他にもリンク方式やラック&ピニオン方式などを用いることで，カム方式と同様に矯正と連動してエア圧力を変化させることが可能である．しかし，機種によって省エネ機構の取り付けに向き，不向きがあるため，設計者はより良い選択をする必要がある．又，電空レギュレータを用いることで板厚が異なる材料に変更する場合であっても，材料仕様の板厚をあらかじめ入力して圧下量を調節すれば，矯正に必要なエア圧が自動的に算出されエアシリンダへ供給するため，エアの消費量が削減されて省エネ効果が得られると共に，材料へ矯正力と圧下量の調節を同時に行うことが出来る．さらに，板厚のみならず板幅及び降伏点応力の異なる材料に変更する場合であっても，材料の板厚，板幅及び降伏点応力を入力して圧下量を調節すれば，矯正に必要なエア圧を算出出来るため，板厚情報のみで省エネさせるカム方式に比べ，より細かくエアの消費量が削減可能となる．電空レギュレータは，今回のカム方式に比べコストが掛かるため，リリースでエアシリンダを使用する大型のレベラフィーダに於いて有効である．

７．結言

経済成長に伴う環境問題が喫緊の課題となるなか，企業に求められる省エネの意識は徐々に高まっている．今回は，ワークロールリリース部に於いての省エネ効果について述べたが，他にも駆動系に高効率モータ（IPM モータ）を使用することが出来れば，レベラフィーダライン全体でさらに省エネ効果を推進出来ると考えている．

搭載するための許容スペース，製作コストなど数々の問題はあるが，新たな付加価値を備えることで顧客に対するアピールや，同業他社に対して競争力を上げる要因となれば幸いである．