

平成30年度

戦略的基盤技術高度化・連携支援事業

戦略的基盤技術高度化支援事業

「大型サーボプレス機におけるクラウニング予防技術の開発」

研究開発成果等報告書

平成31年3月

担当局 関東経済産業局

補助事業者 公益財団法人千葉県産業振興センター

## 目 次

第1章 研究開発の概要	1P
1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標	1P
(1) 研究開発の背景	1P
(2) 研究目的及び目標	1P
(3) 目的および目標に対しての実施結果概要	1P
1-2 研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）	2P
1-3 成果概要	2P
1-4 当該研究開発の連絡窓口	4P
第2章 本論	5P
2-1 背景	5P
2-2 技術的目標値	7P
2-3 サブテーマ毎の成果	8P
第3章 全体総括	14P
3-1 複数年の研究開発成果	14P
3-2 研究開発後の課題	14P
3-3 事業化展開	15P

## 第1章 研究開発の概要

### 1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

#### (1) 研究開発の背景

板金加工分野の製品が長尺長大化する傾向の中で川上プレス機メーカーは大型サーボプレスの開発に際し、大型化で顕著になるクラウニング現象を解消して製品図面の通りの加工精度を確保できる大型機の提供が急がれている。これまでは如何に『補正（矯正）』するかという考え方が一般的で熟練技能者の長時間をかけた矯正作業を要し、川下製造業者の経費負担となっており、クラウニングの解消が強く望まれている。これらの技術を実現するために解決すべき研究課題は中小ものづくり基盤技術の高度化に関する指針の「(三) 精密加工に係る技術に関する事項」であり、川下分野横断的な共通の事項の中の共通の課題およびニーズとして“高機能化・精密化・軽量化”に該当する。このような背景から、「プレス機のクラウニング予防技術の開発」を高度化目標に位置づけ、本事業を実施した。

#### (2) 研究目的及び目標

200 ton級のプレスベンダーにおける6mまでの長尺加工に対して、クラウニングにより生じる加工精度の低下を、追加工などの補助的加工によって補正することなく、高精度（ラム中央部の撓み量 $\Delta \approx 0$ ）に曲げ加工とすることを可能とする。また、これにより、①加圧力が高く省エネ性能に優れる（株）吉野機械製作所のプレス機の優位性を生かしながら、②長尺物の曲げプレスを従来に比べて品質のばらつきが少なく、③生産性が大幅に向上するプレス加工機を市場に提供することを目的とする。この手段としては、

- (1) 加工時のラム位置を高精度に予測する演算式の開発と実機プレス機への搭載
- (2) クラウニング予防装置の開発と実機への搭載
- (3) 組み込みソフトの開発によるそれらの技術のソフトウェアを含めた統合
- (4) 川下業者のニーズを逐次的確に把握する。

が主要な項目として挙げられる。

#### (3) 目的及び目標に対しての実施結果概要

【1】ラム位置精度の開発課題への対応 → 平成29年度達成

【1-1】ラム位置を設定する高精度演算式の開発

【1-2】高精度演算式の検証

木更津高専と吉野機械製作所で連携を取りながら実施することにより、当初計画よりも速いペースで滞りなく完了した。

【2】クラウニング予防装置の開発 → 平成30年度達成

【2-1】クラウニング「ゼロ」に向けた第1期実験機の製作

【2-2】第1期実験機に装備するクラウニング予防装置の開発および製作

【2-3】開発した演算式とクラウニング予防装置を第1期実験機に搭載して実証実験

吉野機械製作所と木更津高専は29年度に第1案としてベッド3枚積層構造のクラウニング予防装置を完成した。30年度には第2案となるスリット入りラムを用いたクラウニング予防装置を開発した。開発したスリット入りラムを用いたクラウニング予防装置を第1期で製作した実験機（YSP120）に搭載しラム中央部の撓み量 $\Delta=0$ を確認した。

【3】組み込みソフトの開発 → 平成30年度目標達成

【3-1】演算式とクラウニング予防装置を作動させる組み込みソフトの開発

【3-2】第2期実験機を製作して開発組み込みソフトを搭載し、当該ソフト起動時の実証実験

【1-1】【1-2】で共同開発したラム位置の高精度演算式を組み込んだソフトを開発し実装した。既存ソフトはラム位置誤差があったが、本ソフトで誤差は±0.001 mmまで低減した。これによりラム位置の基本精度向上につながった。【3-2】では第2期実験機（スリット入りラム）に対応したソフトを開発し正常に作動することを確認した。

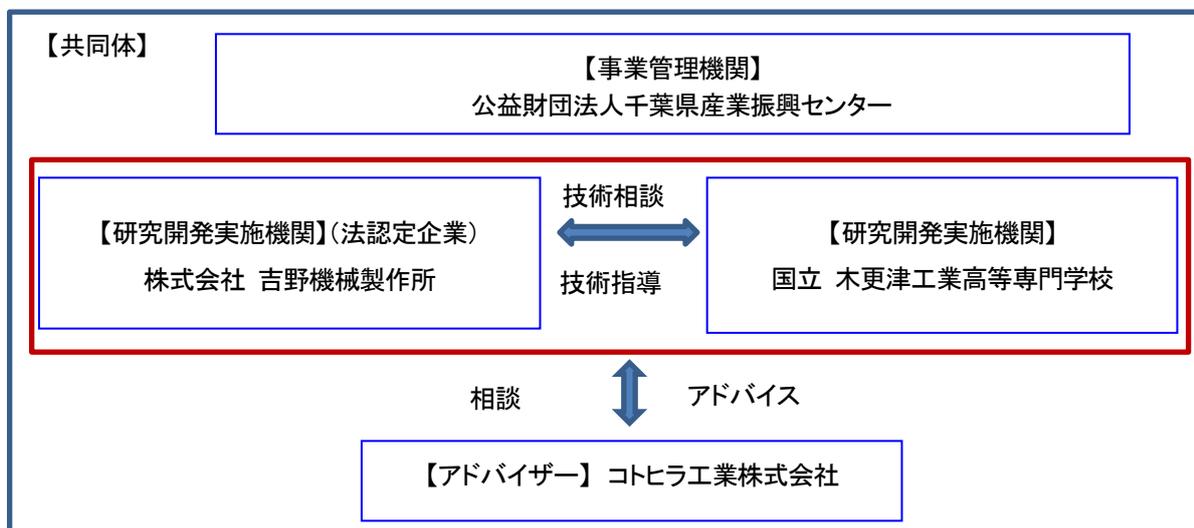
【4】市場拡大戦略 → 平成30年度目標達成

【4-1】国内展示会に出展およびプレゼン開催により市場拡大の製販体制を確立

【4-2】海外展示会に出展およびプレゼン開催により市場拡大の開拓を図る

29年度の7月にMF-Tokyo2019に中間成果を展示し、市場ニーズをよりの確に把握した。さらに、31年度のMF-Tokyo2019に出展予約し準備を開始している。関連する特許の出願を2件実施した。また、海外展示会出展のための準備として海外顧客の開拓（台湾、イタリア）を実施した。

## 1-2 研究体制



役割	氏名	所属	担当業務
PL	岩上 實	吉野機械製作所 経営企画室室長	全般
研究員	武石 功	同 機械設計部 部長	【1-2、2-1、2-2、2-3、3-2】
研究員	峯下 和也	同 制御設計部 部長	【1-2、2-2、2-3、3-1、3-2】
SL	関口 明生	木更津高専電子制御工学科・助教	【1-1、1-2、2-2、2-3、3-1、3-2】
研究員	伊藤 操	同 電子制御工学科 嘱託教授	【1-2、2-2、2-3、3-1、3-2】
アドバイザー	武田 喜男	コトヒラ工業(株) 顧問	アドバイス

## 1-3 成果概要

各サブテーマに関する達成状況を示す。

【1】ラム位置精度の開発課題への対応 → 平成29年度達成

【1-1】ラム位置を設定する高精度演算式の開発

【1-2】高精度演算式の検証

木更津高専と吉野機械製作所で連携を取りながら実施することにより、当初計画よりも速いペースで滞り

なく完了した。

【2】クラウニング予防装置の開発 → 平成30年度達成

【2-1】クラウニング「ゼロ」に向けた第1期実験機の製作

【2-2】第1期実験機に装備するクラウニング予防装置の開発および製作

【2-3】開発した演算式とクラウニング予防装置を第1期実験機に搭載して実証実験

吉野機械製作所と木更津高専は昨年度(平成29年度)完成した第1案に続き、第2案となるスリット入りラムを用いたクラウニング予防装置を創出した。開発したスリット入りラムを用いたクラウニング予防装置を第1期で製作した実験機(YSP120)に搭載しラム中央部の撓み量 $\Delta=0$ を確認した。本取組は、本事業の主旨であり、新規技術開発と実装が求められる困難な内容であったが吉野機械製作所の実務的技術と木更津高専の学術的技術を交換することで、従来のプレス機の構造にとらわれない機械構造を創出し、クラウニング予防装置を開発し目標を達成した。

シミュレーション解析からプレス機の負荷位置を中央に寄せるとクラウニングの防止に効果があるとの結果が得られたため、実用化の前段階として直動式駆動装置のモデル試験装置を製作し、プレス機に適用可能かの検討を実施した。その結果、現状では構造が複雑なためそのままプレス機に適用するのは困難であるが、今後のサーボモータプレス機の負荷システムとして有効と考えられるので本事業終了後も実用化に向け継続検討を実施する。

【3】組み込みソフトの開発 → 平成30年度目標達成

【3-1】演算式とクラウニング予防装置を作動させる組み込みソフトの開発

【3-2】第2期実験機を製作して開発組み込みソフトを搭載し、当該ソフト起動時の実証実験

【1-1】【1-2】で共同開発したラム位置の高精度演算式を組み込んだソフトを開発し実装した。既存ソフトはラム位置誤差があったが、本ソフトで誤差は $\pm 0.001$  mmまで低減した。これによりラム位置の基本精度向上につながった。【3-2】では第2期実験機(スリット入りラム)に対応したソフトを開発し正常に作動することを確認した。さらに、クラウニング量の近似値を金型データ(材質等)から計算で求める事ができるようにした。プレス機のひずみを直接測定できる装置を木更津高専と共同で開発したことから、クラウニングによるひずみの値を直接取り込むことが可能となった。ひずみ計測値による変位をある程度予測した上でラム位置を補正できるようにするソフトを、くさびの自動制御と合わせ自社負担で継続検討する。

【4】市場拡大戦略 → 平成30年度目標達成

【4-1】国内展示会に出展およびプレゼン開催により市場拡大の製販体制を確立

【4-2】海外展示会に出展およびプレゼン開催により市場拡大の開拓を図る

29年度の7月にMF-Tokyo2019に中間成果を展示し、市場ニーズをよりの確に把握した。さらに、31年度のMF-Tokyo2019に出展予約し準備を開始している。補助事業の成果に係る知的財産権等として特許の出願を6件実施した。

プレゼン用パンフレットの作成を実施した。海外展示会出展のための準備として海外特許出願の準備を実施した。海外顧客の開拓は台湾、イタリアを実施した。

導入した技術、機器設備について

(1) プレスブレーキ YSP200-30 サブテーマ【2-1】(平成 28、29、30 年度)

第 1 期実験機として吉野機械製作所のプレスブレーキシリーズをモデルに加圧性能 200ton を 28 年度に製作した。29 年度はクラウニング予防装置が搭載できるように部品を付加し調整を加えた。30 年度には安全装置を付加し、厚板実験用金型を取付け実部品による実験を行った。

(2) プレスブレーキ YSP120-30 サブテーマ【2-1】(平成 28、29、30 年度)

第 1 期実験機として吉野機械製作所のプレスブレーキシリーズをモデルに加圧性能 120ton を 28 年度に製作した。30 年度にクラウニング予防装置第 2 案のスリット入りラムに換装し、第 2 期実験機として、金型、安全装置を付加して歪測定、撓み測定の実験を行った。

(3) クラウニング予防装置 (スリット入りラム) サブテーマ【2-2】(平成 30 年度)

29 年度創出したスリット入りラムを設計製作した。ラムにスリットを入れ、そのスリットに駆動式くさびを入れることで、クラウニングを適切に予防する構造とした。スリット入りラムは YSP120-30 に搭載し実験を行った。

(4) 厚板実験用金型 サブテーマ【2-1】搭載部品 (平成 30 年度)

プレスブレーキ YSP120-30 に搭載し、厚板の曲げ加工実験を行った。厚板においても問題無い事を確認した。

(5) 高負荷実験用金型 サブテーマ【2-1】搭載部品 (平成 30 年度)

プレスブレーキ YSP200-30 に搭載し、コイニングとよばれる高付加曲げ加工実験を行った。高付加領域においても問題無い事を確認した。

(6) プレスブレーキソフト サブテーマ【3-1】(平成 30 年度)

第 2 期実験機 (スリット入りラム) に対応したソフトを開発し正常に作動することを確認した。さらに、クラウニング量の近似値を金型データ (材質等) から計算で求める事ができるようにした。

(7) プレスブレーキ無段変速機 (直動式駆動装置) サブテーマ【2-3】(平成 30 年度)

シミュレーション解析からプレス機の負荷位置を中央に寄せるとクラウニングの防止に効果があるとの結果が得られたため、実用化の前段階として直動式駆動装置のモデル試験装置を製作し、プレス機に適用可能かの検討を実施し、改良は必要であるが有効であるとの結果を得た。

#### 1-4 当該研究開発の連絡窓口

事業管理機関 : 公益財団法人 千葉県産業振興センター 産学連携推進室  
研究開発コーディネーター 中川雅之  
Tel : 047-426-9200 Fax : 047-426-9044  
E-mail : m-nakagawa@ccjc-net.or.jp

研究実施機関 : 株式会社吉野機械製作所 経営企画室長 岩上 寛  
Tel : 043-312-5900 Fax : 043-312-0509  
E-mail : iwagami@yoshino-kikai.co.jp

## 第2章 本論

### 2-1 背景

板金加工分野の製品が長尺長大化する傾向の中で川上プレス機メーカーは大型サーボプレス機の開発に際し、大型化で顕著になるクラウニング現象を解消して製品の加工精度を確保できる大型機の提供が急がれている。弊社が開発納入した大型プレス機の例を図1に示す。大型機ではクラウニング現象が顕著となるがこれまでは機械装置の材料力学的なたわみが原因であることから、如何に『補正（矯正）』するかという考え方が一般的であった。このためクラウニングの解消には熟練技能者の長時間をかけた矯正作業が必要となり、川下製造業者の経費負担となることから、クラウニングの解消が強く望まれている。

これらの技術を実現するために解決すべき研究課題は「中 small のづくり基盤技術の高度化に関する指針」の以下の事項である。

#### （三）精密加工に係る技術に関する事項

##### 1 精密加工に係る技術において達成すべき高度化目標

##### （3）川下分野横断的な共通の事項

#### ①川下製造業者等の共通の課題及びニーズ

##### ア．高機能化・精密化・軽量化

#### 【本研究開発の背景】

近年、プレスブレーキやパネルベンダー等のプレス機で板金加工、フォーミング加工を行って各種製品を製造する川下製造業者では、たとえばマンション向けバスユニット、スチール家具、室内パーティション、間口広シャッター部材、工場棟ルーフ（屋根）材、ガードレール等の製品がさらに長尺長大化し、かつ複雑な曲げ加工の需要が急増している。そのため、弊社を含む川上プレス機メーカーに対してはそうした曲げ加工の需要に対応できるプレス機の提供が求められている。川下製造業者からそうした需要が急増している背景には次の諸事情がある。

■住宅設備の川下製造業者のニーズ マンション向け大型シンク（図2）やバスユニットのような製品の壁材や天井材は幅広で複雑な曲げ加工の最たる例である。品質上、壁材と天井材などの継ぎ目からの水漏れ防止はもとより、湯気や蒸気に対するシール性（水密性）も不可欠である。すなわち、従前どおりに壁材や天井材を別々に加工すると、施工時にそれら壁材と天井材との継ぎ目や隅角部を完全にシールして密封する必要がある。シールが劣化したり風化するとそうした継ぎ目などから湯水や湯気が漏出したり、継ぎ目に錆が回って腐食すれば他部屋へ重大な不具合を招くことになる。弊社ら川上プレス機メーカーに対し、川下の特に住設メーカー各社から高精度の加工、継ぎ目なしの長尺一体成形が可能な高性能の大型プレス機の要望が強くなっている。

#### ■建材の川下製造業者からのニーズ 間口の広いシャッター



図1 受注した超大型プレス機 320トン 5m



図2 大型シンク例



図3 幅広シャッター例

部材（図 3）や工場棟ルーフ材などの建材製品を製造する川下製造業者の工場ラインでは、それら建材が短小で数が多くなればなるほど施工現場において組立による工期も増し、工賃等に反映する。長尺物になれば組立などの短縮できるメリットはあるが、工場ラインでは次の事情がある。ライン上流からそうした長尺の原材ワークがプレス機に搬送されてくると、一度に曲げ加工しきれないのでワーク長手方向に二度曲げ、三度曲げして加工せざるを得ない。すると工数も増して製造コストの高騰を招く。勢い、シャッターメーカーなど川下製造業者からは長尺物を一度に高精度に加工できる大型プレス機を、と弊社を含む川上プレス機メーカーへの要請となっている。加えて、一つの建材製品について強度面でいえば、継ぎ目や繋ぎ個所の数が少なければ少ないほど強度アップするので、長尺長大化して一体化する傾向となる。そこで、本事業計画は次の二点を本研究開発の目的とする。

### 【本研究開発の目的】

#### その1

板金加工分野の製品が長尺長大化する傾向の中で川上プレス機メーカーでは、大型サーボプレスの開発に際し大型化で顕著になるクラウニング現象（図 4）を解消して製品の設計通りの加工精度を出せる大型機の開発と提供が急がれている。これまでは撓みを如何に『補正（矯正）』するかという考え方が一般的で、熟練技能者の長時間をかけた矯正作業を要し、川下製造業者の経費負担となってきた。その旧来の考え方を改め、弊社は未然に防止する『クラウニング予防技術』をコンセプトとして研究開発に取り組むことを目的とする。

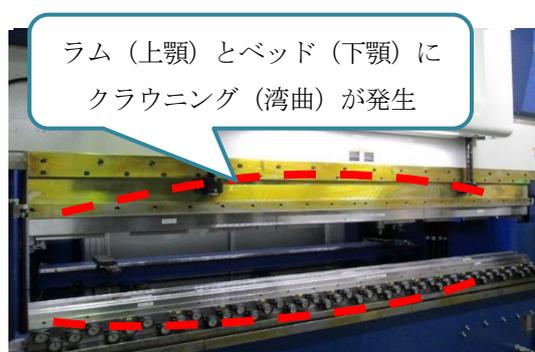


図 4 クラウニングイメージ図

#### その2

上記クラウニング予防技術を達成すれば、各種の川下製造業者にて主流の油圧駆動プレス機にも装備できる「汎用性」が高められる。すなわち、旧来の油圧プレスに代わって趨勢となりつつあるサーボモータ駆動プレス機（以下、単に「サーボプレス」という）に、特に大型サーボプレスに有効に標準装備することができる。この油圧プレスとサーボプレスへの標準装備はもとより、別売りのオプション装置としても、現在、国内海外で主流である油圧プレスのNC制御化オーバーホールなど新旧市場の拡大をも視野に入れて本研究開発を実施する。

#### ②研究開発の高度化目標及び技術的目標値

##### 高度化目標

- (三) 精密加工に係る技術に関する事項
  - (3) 川下分野横断的な共通の事項
    - ②上記を踏まえた高度化目標
      - ア. 当該技術が持つ物理的な諸特性の向上

・前述のように、弊社は長尺長大しかつ複雑化する製品の曲げ加工に対応するサーボプレスの大型機を業界に先行して川下製造業者に提供してきた。その間、駆動源サーボモータの動力不足を**加圧倍力化装置**の開発で解消してきた。しかしながら、大型化で顕在化するクラウニングの高度補正技術は開発の途にあり、これを解消するにはラム位置を任意に高精度に制御できることが不可欠な要素であることも述べた。そこに本事業計画の骨子を置き、ラム位置の高精度制御技術を開発、クラウニング補正技術の高度化とクラウニング予防装置、それに関する周辺機器を自動で作動させる機能を持たせることで、高度化目標を達成する。

それには、ラム位置を制御する現状の近似演算式を改め、産学共同研究で高精度の演算式を開発し、その演算式を電子制御に反映させることで、川下製造業者の作業オペレータが満足する高精度のラム位置設定を可能にしたうえで、最終目標として「ラム位置の高精度制御を前提とするクラウニングの予防」を開発のコンセプトにおく。特に大型のサーボプレス分野において、クラウニング現象を未然に防止するクラウニング予防装置として限りなく「クラウニング量：ゼロ」を目指す。それにより、川下製造業者が製造する各種製品の高精度加工をより高める。

## 2-2 技術的目標値

### 【1. ラム位置精度の開発課題への対応】

#### 【1-1】ラム位置を設定する高精度演算式の開発

■開発した高精度演算式に基づき、第1期実験機および第2期実験機において設定したラム位置精度を『±0.1～0.5mm』に抑える。

#### 【1-2】高精度演算式の検証

■ラム中央部の撓み量 $\Delta=0.283\text{mm}$                       ラム中央部の撓み量 $\Delta=0\text{mm}$

### 【2. クラウニング予防装置の開発】

#### 【2-1】クラウニング「ゼロ」にむけた第1期実験機の製作

■第1期実験機および第2期実験機に装備した当該装置として所要の機能を達成するか、あるいはオプションとして当該装置が単体で起動すること、さらに旧来の油圧プレス機に搭載した場合に機能して所要の性能を達成できることを目標とする。

#### 【2-2】第1期実験機に装備するクラウニング予防装置の開発および製作

■第1期実験機および第2期実験機に装備した当該装置として所要の機能を達成するか、あるいはオプションとして当該装置が単体で起動すること、さらに旧来の油圧プレス機に搭載した場合に機能して所要の性能を達成できる汎用性を有することを目標とする。

#### 【2-3】開発した演算式とクラウニング予防装置を第1期実験機に搭載して実証実験

■現行のラム中央部の撓み量 $\Delta=0.283\text{mm}$ に対して、クラウニング予防装置によってラム中央部の撓み量 $\Delta=0\text{mm}$ を目標値とする。

### 【3. 組み込みソフトの開発】

#### 【3-1】演算式とクラウニング予防装置を作動させる組み込みソフトの開発

■当該組み込みソフトの「信頼性」、「起動速度」等を検証するうえで、第1期実験機および第2期実験機に当該組み込みソフトを搭載して誤作動がなく、正常に起動して所要の性能を達成できることを確認する。

#### 【3-2】第2期実験機を製作して開発組み込みソフトを搭載し、当該ソフト起動等の実証実験

■結果として加圧性能200トン級・ラム重量3トン・ラム長300mmにおけるラム中央下端のクラウニング量（撓み量）の現状 $\Delta 0.283\text{mm}$ が、材料のスプリングバック量を除外したクラウニング量として「 $\Delta 0\sim\pm 0.1\text{mm}$ 」を目標とする。

### 【4. 市場拡大戦略】

#### 【4-1】国内展示会に出展およびプレゼン開催により市場拡大の製販体制を確立

■国内の川下製造業者から提供されたアンケートによるクラウニングの所要性能値（ゼロ）データをプレゼン、展示会等にて配布して信頼性を高める。

#### 【4-2】海外展示会に出展およびプレゼン開催により市場拡大の開拓を図る

■海外の川下製造業者から提供されたアンケートによるクラウニングの所要性能値（ゼロ）データをプレゼン、展示会等にて配布して信頼性を高める。

## 2-3 サブテーマ毎の成果

### サブテーマ1. ラム位置精度の開発課題への対応

#### 【1-1】ラム位置を設定する高精度演算式の開発（平成28年度）

木更津高専は吉野機械製作所で設計した大型プレス機的设计値に基づき2つのACサーボモータの位置（角度）に対応するラム位置を求めるための演算式を、表計算ソフト上に完成した。

#### 【1-2】高精度演算式の検証（平成29年度）

木更津高専は演算式の的確性を検証するため吉野機械製作所と共同で、表計算ソフト上に試作した演算内容に、実際の加圧倍力化装置の寸法を設定し、実験機に搭載し検証した。その結果従来までは近似式を用いていたため、誤差が発生していたが、開発した演算式により誤差が解消した、加圧倍力化装置の外観と開発した演算式との関係を図5に示した。

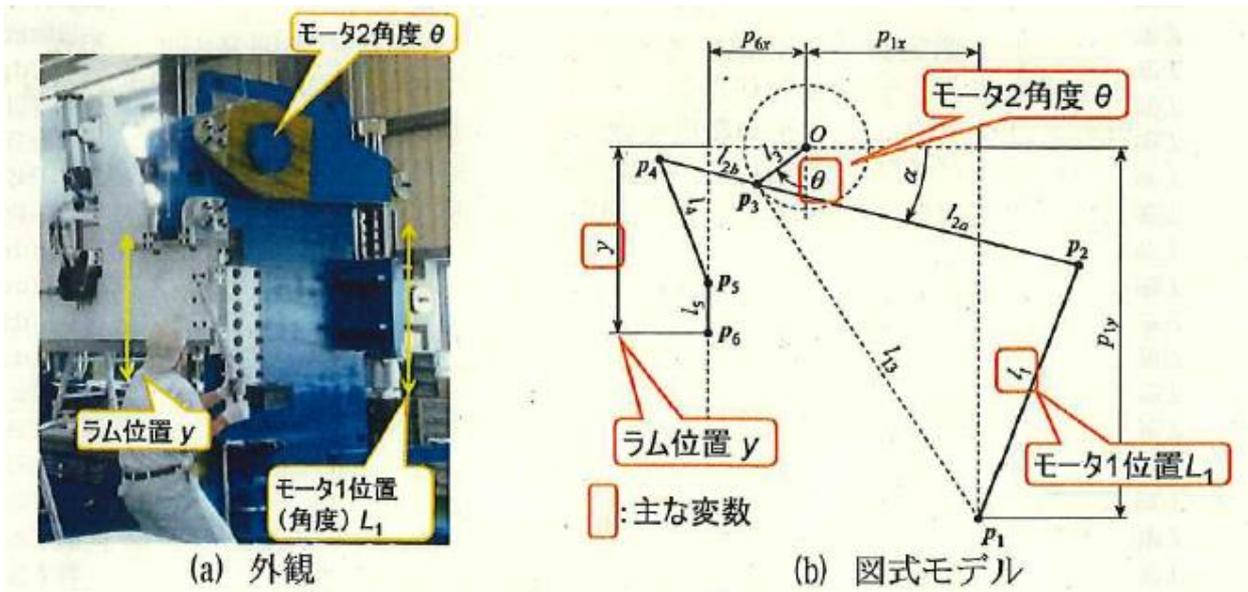


図5 加圧倍力化装置の外観と開発した演算式との関係

### サブテーマ2. クラウニング予防装置の開発

#### 【2-1】クラウニング「ゼロ」にむけた第1期実験機の製作（平成29年度）

吉野機械製作所はクラウニング予防装置を開発するためのベースとなる2機種種のプレス機（図6、図7）を平成28、29年度に製作した。これらはその後開発したクラウニング予防装置を搭載し各種実験を行った。



図6 主機 YSP200-30, 加圧力 200t, ワーク 3.0m



図7 副機 YSP120-30, 加圧力 200t, ワーク 3.0m

【2-2】第1期実験機に装備するクラウニング予防装置の開発および製作

【2-3】開発した演算式とクラウニング予防装置を第1期実験機に搭載して実証実験

クラウニング予防装置として2案を検討し、さらに負荷方式として直動式駆動装置を検討した。そこで、クラウニング予防装置の製作とその実証実験の結果を続けて報告する。

(1) クラウニング予防装置第1案の設計製作

吉野機械製作所と木更津高専は変位および応力に関するプレス機の構造解析により、ラムおよびベッドの新構造を創出した(図8)。29年度にこれをクラウニング予防装置(3枚ベッド、新構造ラム)第1案とし実際に制作(図9)、YSP200-30に搭載した。たわみ量をダイヤルゲージで測定した。結果は表1に示すようにラム中央部のたわみ量が現行の0.283mmから0.1mmとなり、目標とするラム中央部のたわみ量  $\Delta=0$  に近づくことを確認した。

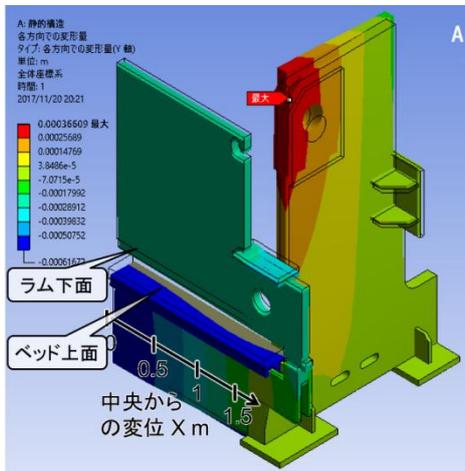


図8 たわみ解析結果(ハーフモデル)



図9 クラウニング予防装置(3枚ベッド、新構造ラム)

表1 クラウニング測定結果

確認内容	方法	結果
ダイヤルゲージによるラム、ベッドの測定	ベッド面にダイヤルゲージを設定し、ラムの下面を荷重を変化させ測定する。クサビは効いた状態。	150トン時 右側+0.05mm 中央0mm 左側0.05mm
		200トン時 右側+0.1mm 中央0mm 左側0.1mm クラウニングの補正効果は表れている。

(2) クラウニング予防装置第2案の設計製作

30年度は第2案として創出したスリット入りラムを製作した。図10に木更津高専で実施したスリット入りラムの構造解析例を示した。アイデアのみで実際の開発に取り掛かることには大きなリスクが伴う。このため、このアイデアの検証には、コンピュータを用いたシミュレーションを行った。具体的には、構造解析ソフトウェアANSYS18.0を用いて実際の加工を模擬した状態をプレス機全体のハーフモデルに適用してシミュレーションを行った。この結果、従来0.152mmよりも一桁小さい、0.013mmのクラウニングとなるとの結果が得られたため、実機を製造し実験を行うこととし

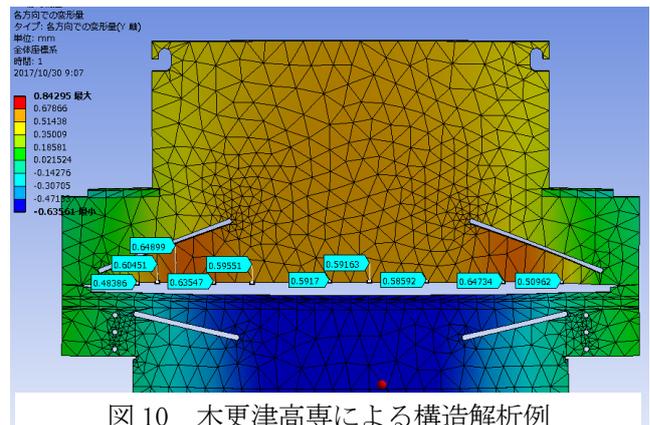


図10 木更津高専による構造解析例

た。これらを基に、図11に示すスリット入りラムの製作図面を作成し、実機に搭載するスリット入りラムを製作した。また図12にはスリット長さを調整する為に組み込んだ駆動式キーの構造を示した。

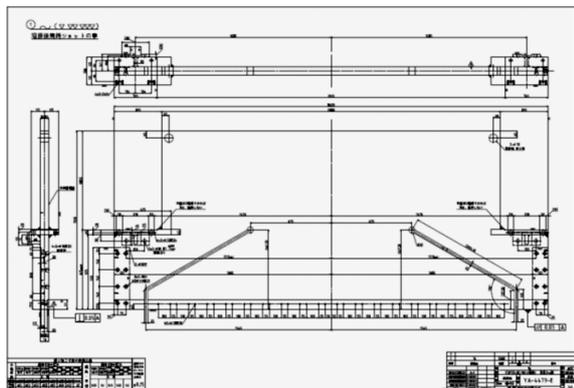


図11 スリット入りラムの製作図面

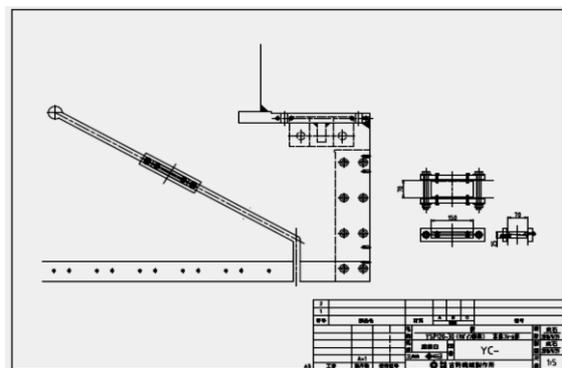


図12 スリット部分詳細とキー構造

既存ラムを搭載したYSP120-30実験機をスリット入りラムに交換し図13示す歪測定実験を行った。その結果図14に示すようにスリット入りラムのひずみは相対的に少なかった。

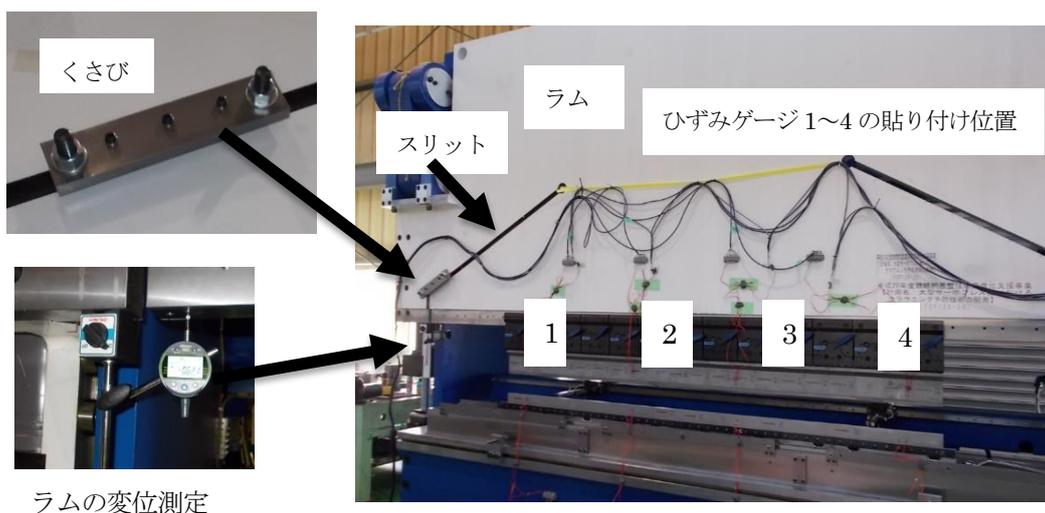


図13 クラウニング予防装置（スリットラム）のひずみ測定

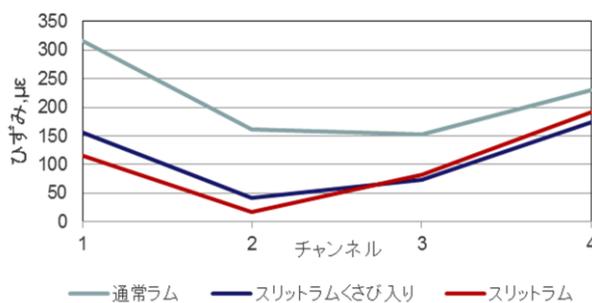


図14 通常ラムとスリット入りラムの比較

上記スリット入りラムのクラウニング予防効果を確認した。試験は図15に示す実機テストピースを用いて

90° に曲げる試験を実施し中央部と端部の角度を測定しその誤差で判定した。結果を図16に示した。



図15 実用試験片によるクラウニング予防効果の判定

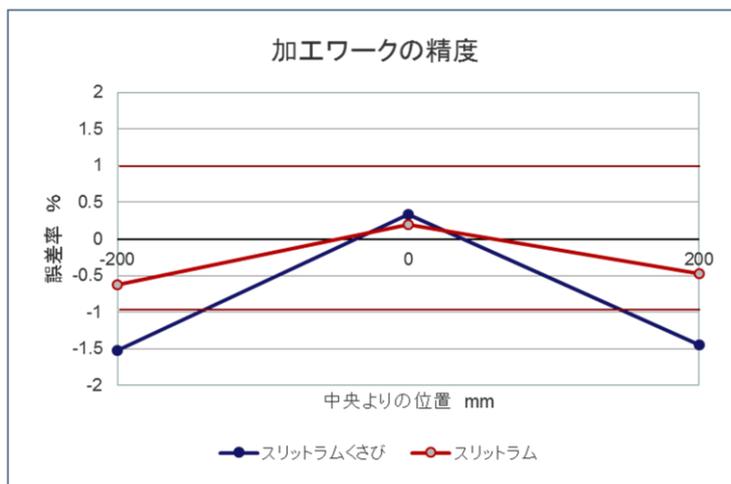


図16 試験片の加工精度 (クラウニング予防効果の判定)

プレス加工において曲げ加工した製品の角度の誤差が1%を超えるとNGとなるが、スリットラムの誤差は1%以下となり、くさびによる調整を不要とした。

### (3) クラウニング防止効果の検証

クラウニング防止効果が大きいと見込まれるスリット入りラムのクラウニン部防止効果を端部と中央部のたわみ量の差で検証した。加圧120 tの結果を表2に示した。現行の通常ラムで中央部の撓み量が平均0.177mm発生するのに対し、スリット入りラムでは-0.039mm (逆そり) スリット入りラムでくさび調整をしたもので0.11mmとなった。クラウニング(変位)量を全体のスリット長さを1とした時の相対スリット長さで整理すると図17に示すようになった。この結果スリット入りラムでスリット相対長さを0.8とするとクラウニング量が0mmとなる。これにより、ラム中央部の撓み量 $\Delta$ =0mmとする目標を達成することが分かった。

表2 クラウニング測定結果 試験装置：YSP120-30、加圧：120t 加圧幅：3000mm、

変位差	mm	通常ラム	スリット無	スリットラム	スリットラム	くさび
1回目	左-中央	0.170		-0.039		0.120
1回目	右-中央	0.186		-0.038		0.097
2回目	左-中央	0.163		-0.049		0.118
2回目	右-中央	0.188		-0.033		0.094
平均		0.177		-0.039		0.110

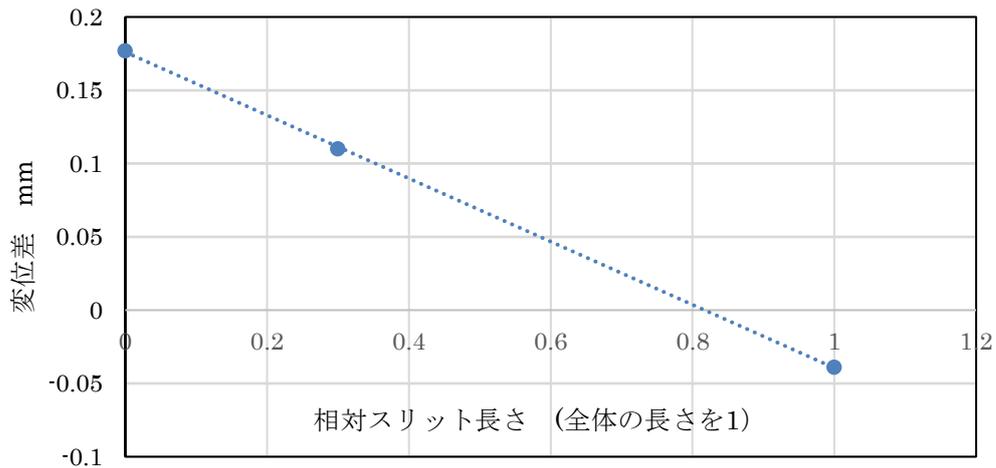


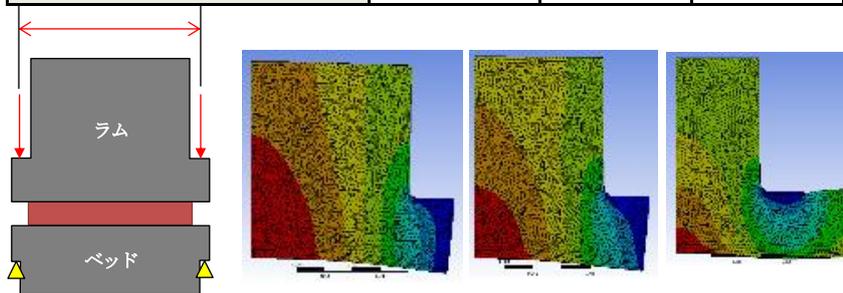
図17 クラウニング（変位）量と相対スリット長さの関係

#### (4) 直動式駆動装置の検討

クラウニング予防装置の効果を高めることを目的に直動式駆動装置の検討を実施した。軸間距離とクラウニングの関係を解析した結果を表3に示す。ラムに対する荷重位置を中央部に寄せ、加圧軸間距離を短くすることで上下方向の振れ幅が少なくなることが分かった。

表3 直動式のシミュレーション結果

構成	現行	案1	案2
軸間距離 $L$ [mm]	3270	2670	1920
ラム下面の振幅 [mm]	0.152	0.123	0.032



そこで、実用化の前段階として直動式駆動装置のモデル試験装置を製作し、プレス機に適用可能かの検討を実施した(図18)。現状では構造が複雑なためそのままプレス機に適用するのは困難であるが、今後のサーボモータプレス機の負荷システムとして有効と考えられるので本事業終了後も検討を継続する。

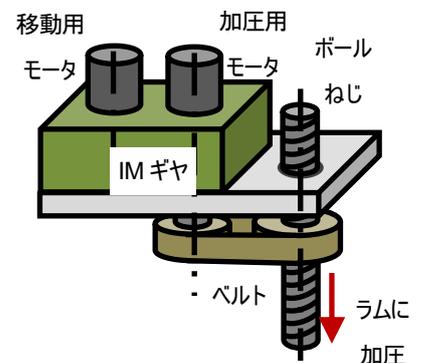


図18 直動式試験装置（左）とイメージ図（右）



## 第3章 全体総括

### 3-1 複数年の研究開発成果

(1) 大型サーボプレス機におけるクラウニング予防装置の技術的成果

- ①ラム位置を設定するための高精度演算式を開発し位置決め誤差をゼロとした。
- ②クラウニング予防装置を2案創出し実機を製作検証した。

第1案 ベッド3枚積層構造・特殊ラムの組み合わせでクラウニング量がゼロに近づくことを確認した。

第2案 スリット入りラム・特殊キーの組合せによりクラウニング量がゼロになることを確認した。

- ③高精演算式を組み込んだクラウニング予防装置を駆動するソフトを開発し、実機で確認した。
- ④クラウニング予防効果向上のため、直動式駆動装置の実験機を製作し実用化検討に着手した。
- ⑤クラウニング予防効果を定量的に評価する動ひずみ分布測定システムを確立した。

(2) 研究開発手法に対する成果

事前の構造解析と実機計測システムを連携させることで論理的な研究開発が可能となり、今後の研究開発の効率化に役立つものとなった。

(3) 研究体制面の効果

研究開発プロジェクト体制を敷いて木更津高専と共同で研究開発に取り組めたことで、事前の構造解析を緻密に行うことが出来るようになり、実機製造へのリスクを低減することができた。また、アドバイザーおよび中間評価委員のアドバイスにより幅広い研究開発ができたことで、より多くのユーザーニーズを的確に捉えプロジェクトを推進することができた。

(4) 事業化に対する成果

本補助事業の骨子となるクラウニング現象を元から発生させない、すなわち従来手法のクラウニング補正という観念を払拭した『クラウニングレス』機構の開発に注力した。29年度の「クラウニング予防装置第1案」と30年度の「クラウニング予防装置第2案」が完成したことにより今後のクラウニングレスプレス機の実用化へのカードを2枚手に入れることができた。29年度の展示会ではクラウニング予防装置の研究開発に対し予想以上の期待があることを実感した。これに意を強くし、顧客の期待に応えられるクラウニング予防技術の実用化を目指す。

### 3-2 研究開発後の課題

(1) 事業計画のための追加研究

現在、クラウニング予防技術として本事業では複数案を提示している。すなわち1案の3枚ベッドと特殊構造ラムの組合せ、2案のスリット入りラムを用いたもの、さらに直動式負荷システムの実験も開始している。今後実用化に対応するクラウニング予防装置は開発した各要素技術の組合せとなる。そこで今後の追加研究として以下の項目を実施する。

①クラウニング予防装置搭載プレスブレーキの仕様提示

客先ニーズから、要求精度、目標生産量(板厚や加工工数)、コストを把握しクラウニング予防装置の仕様を決定する。

②実用材料による加工実験

ユーザーと共同で実用材料に対する加工精度の検討、難加工材に対する加工可否検討を実施する。

③直動式駆動装置の実用化検討

本プロジェクトで着手した直動式駆動装置について組み込まれたギヤ部の精度向上をはかり、プレス機への搭載可否検討を継続して実施する。

④クラウニング予防装置の実用化検討

上記要技術素を組合せ、精度、操作性、メンテナンス性、耐久性、コスト、省エネ性の観点よりクラウニング予防装置の実用化を行う。

## (2) 競合他社の動向と対応

### ①サーボ駆動直動式

川上プレス機メーカーである競合他社でのサーボプレスの開発は、モータ回転出力をボールねじに伝達してラムをダイレクトに上下方向へ往復動させる直動式が主流となってきた。ところが、サーボプレスは油圧プレスに比べて加圧力が不足することから、大容量モータを搭載して大径のボールねじに伝えている。加圧力不足を補うべく大受電容量のサーボモータを多用すれば省エネの時代に逆行する事となり、さらにプレス機の製造コストも高騰するという問題を残している。そこで本プロジェクトでは無段変速装置を組み込んだ直動式を検討した。モータを小型化できる優位性を有しているが、システムが複雑となることが分かり、実用化に当たっては簡素化が課題となった。これを克服すればサーボプレス機としての優位性が増すものとする。

### ②クラウニング補正技術の特許出願

競合他社である川上プレス機メーカー各社では油圧プレスの大型機分野でクラウニング補正技術に関する多くの特許が出願されてきた。特に大型機分野でサーボプレスのクラウニング補正技術に関する研究は緒についたばかりであり、未解決の問題も多く残されているのが現状である。本プロジェクトでは知的財産関係にも注力し、本プロジェクトに関し 5 件の出願と 1 件の異議申し立てを行った。

## 3-3 事業化展開

### (1) クラウニング予防装置搭載大型サーボプレス機

これまで吉野機械製作所ではプレス機メーカーとして、業界に先駆けて長尺長大化した製品を高精度に曲げ加工できる大型サーボプレスをシリーズ化し販売に注力してきた。今後これら大型プレス機の需要は堅調に推移すると見られることからこれら大型プレス機にクラウニング予防装置を搭載しシリーズ化することを計画している。具体的には加圧性能 100 トン～320 トン超級の大型サーボプレスとその省力化製造ラインの分野においてクラウニング予防装置を搭載したプレスブレーキ《YSP シリーズ》(図 20)、およびパネルバンダー《YSB シリーズ》(図 21) の実用化を図る。



200 トン機

図 20 クラウニング予防装置搭載  
プレスブレーキ YSP シリーズ



100 トン機

図 21 クラウニング予防装置搭載  
パネルバンダー YSB シリーズ

以下、採用実績を有する弊社の重要顧客である各種製品業界の川下製造業者を列記する。

《住宅設備製造企業》・・・LIXIL (旧トステム・サンウェーブ・INAX・東洋エクステリア・ 新日軽合併)、Panasonic、イトーキ、三和シャッターホールディング、 岡村製作所、日本ファイリング、タカラスタンド等
《重工業製造企業》・・・IHI (石川島播磨重工業)、富士重工業等
《国内自動車製造企業》・・・いすゞ自動車、日野自動車、新明和工業、極東開発 (特殊車体) 等
《建材製造企業》・・・JFE 建材フェンス、カクイチ建材等
《電機機器製造企業》・・・安川モートル、横河電機、日立アプライアンス、ホシザキ電機等
《事務機器製造企業》・・・コクヨ等
《家電筐体製造企業》・・・コトヒラ工業等
《貴金属加工企業》・・・徳力本店等

(敬称略・順不同)

## (2) 競合技術に対する優位性

大型サーボプレス機の市場実績が増加するに伴い、川下製造業者各社から弊社に対してクラウニング解消によって高精度加工に対応できる高性能機種への強い要請がある。このことは昨年度の展示会でのアンケート調査でも再認識された。したがって、クラウニング解消を達成すれば、国内外において先行してさらなる市場拡大の道も開け、現有の顧客である川下製造業者はもとより新規顧客による新加工分野での開拓も期待できる。そのため、本プロジェクトで開発したクラウニング防止技術を事業化につなげる事で省エネ性能に加え高精度化が図られさらなる強みとなる。

低コスト高性能のオプション装備として、標準仕様のサーボプレスに『オプション装備』として当該クラウニング予防装置を付加する。その際、川下製造業者のオプション負担を軽減するために、低コスト高性能構造のクラウニング予防装置を提供できることに重点をおく。また、オプション単体で販売可能に製品化することで、旧来の油圧プレスにも装着できるようなスペックにし、以下のスケジュールで市場拡大に取り組む。

製品等の名称		クラウニング予防装置搭載プレスブレーキ:YSP200-30 YSP120-30				
開発事業者		株式会社吉野機械製作所				
想定するサンプル出荷先		(株)LIXIL, (株)岡村製作所, コトヒラ工業(株)				
スケジュール	事業年度	平成 31 年度	平成 32 年度	平成 33 年度	平成 34 年度	平成 35 年度
	サンプル仕様提示	→				
	追加研究	→	→			
	設備投資		→			
	製品等の生産		→	→	→	→
	製品等の販売		→	→	→	→
	特許出願	→	→			
	出願公開		→	→		
	特許権設定	→	→			
	ライセンス付与	→				
売上見込	売上高(千円)	1,200,000	1,200,000	1,500,000	1,700,000	2,000,000
	販売数量(単位を記載)	25	25	30	35	40

図 22 クラウニング予防装置事業化スケジュール

## ■《工場増築》

27年竣工した弊社新工場が既に手狭になっている。前述した一連の本事業計画の研究開発を達成させ、平成31年度に工場増築を検討している。

## ■《雇用者の拡大》

本事業計画の研究目標を達成することで、工場増築はもとより、地域を中心に新卒、中と採用による新規採用者を15名～20名雇用して増員する計画である。

## ■《油圧プレス使用企業への新規顧客開拓》

弊社が長年顧客としてきた板金、フォーミング加工製品を製造する川下製造業者はもとより、油圧プレスで打ち抜き加工などする他の川下製造業者を開拓し、新たに市場拡大する。

## ■《川下製造業者では高速精密加工による製品コスト低減&品質向上で売上増を実現》

本事業化によるクラウニング解消によって、プレスブレーキ YSP200-30 シリーズおよびパネルベンダー YSB100-30 シリーズの各機種とも、従来の油圧プレスに比べて消費電力が3分の1となる省エネ性能に加えて、川下製造業者では以下の効果が期待できる。

- ①熟練作業員によるクラウニング補正時間が短縮もしくは皆無となる。それによる作業コストの削減は製品コストを下げて売上増につながり、末端ユーザーを含めた販促と消費拡大を期待できる。
- ②油圧に比べてサーボ駆動では高精度・高速度加工の製品づくりが可能となり、これもまた川下製造業者において製品コストの低減による売上増を実現することができる。
- ③本事業化による上記①、②の効果はプレス加工業界のみならず、機械骨格をなす鉄鋼製フレームにおける撓み解消という技術を広い分野の川下製造業者にも波及させることができることから日本全体の機械装置産業における国際競争力の向上に貢献できる。

(3) 補助事業の成果に係る知的財産権等について

### ①特願 2014-081741 特許出願

プレス機を複数台連結して同期作動させることにより、長尺ワークの曲げ加工を行う『多連型プレス装置の同期・同調システムおよび同期・同調方法および同期・同調プログラム』

### ②特願2017-037927 特許出願

プレス機の一台に複数の金型を装着し、ワークの曲げ部位に応じてそれら金型を自動交換する『金型交換装置：ATC』

### ③異議2017-700326 異議申立事件の反論出願

特許登録第 6004295 号『プレス機の安全装置』に対する他社からの異議申立事件に対する特許庁応答

### ④特願2017-176888 特許出願

プレス機にワークを装填して曲げ加工を行う際、作業員がそのワークを持ち変えないで追従させる装置を搭載した『プレス機の追従装置』

### ⑤特願2018-150842 特許出願

プレス機械において大型のワークで複雑な加工品を製造する際、一個当たりの加工品に要するタクトタイムを短縮し、労力軽減できかつ安全性向上も実現できるようにしたことを特徴とする。

### ⑥特願 2017-176888 特許出願

プレス機械の金型において機械の横幅である長手方向にその金型が複数に細分化している場合、細分化された隣り合う金型と金型間のスリット調整を簡易に行えるようにしたことを特徴とする。

本事業で出願した特許は当面自社で保有し、ライセンス等の予定は無い。

以上