

平成20年度 戦略的基盤技術高度化支援事業

「鋳物製造における劣悪作業の作業効率を向上させる
革新的パワーアシスト装置の開発」

研究開発成果等報告書

平成21年 3月

委託者 中部経済産業局
委託先 社団法人日本鋳造協会

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

自動車、工作機械やその他川下産業では、鋳物のグローバル調達が進み、短期、高品質の製品の要求に加え、国内及び海外の鋳物メーカーに対するコスト低減要請が益々厳しくなっている。

特に自動車産業ではコスト低減要請は厳しく、コスト重視の入札によるメーカー決定も始まり、発注後も、鋳物メーカーに対しては、毎年1～5%のコストダウンを求めているのが現状である。

このような要求に応えながら、国内の中小企業鋳物メーカーが生き残るためには鋳物のネック工程である劣悪作業(重筋作業、高熱作業や白蟻病・腰痛の様な職業病発生作業等)の改善を図ることが必須である。

すなわち、これまで、人間が行ってきた上述の作業を、機械が人間に対して作業補助することで、人力の低減化、機械振動の抑制、操作性の向上など、劣悪作業の作業環境を改善し、人に優しい作業現場を提供することで、労働者の安全の確保や労働意欲の向上を喚起し、それにより作業効率を向上させることでコストダウンを実現することが必要である。

今般、中小鋳物メーカーで問題となっている劣悪作業を取りまとめた結果、以下の内容となった。

- i) 取鍋ハツリ、鋳物仕上げなどにおける振動を伴う作業
- ii) 中子納め、鋳物ハンドリングなどの重筋作業
- iii) 溶解炉でのノロ掻きなど、熱を伴う作業

この内、iii)ノロ掻きは1～2時間に1回と、断続的作業であるが、その他の劣悪作業は、継続的であるため、i)取鍋ハツリなどの振動を伴う作業と、ii)中子納め、鋳物ハンドリングなどの重筋作業の効率を向上させることを本開発の対象とする。

対象とする劣悪作業を詳細に分析した結果、A. 振動作業、B. 中子納め、C. 鋳物ハンドリングが最も問題となっており、各作業を対象とした3タイプのパワーアシスト装置を開発することで、中小鋳物メーカーの劣悪作業の70%を改善できる。

具体的には、3タイプのパワーアシスト装置の開発と普及により、以下の目標を達成する。

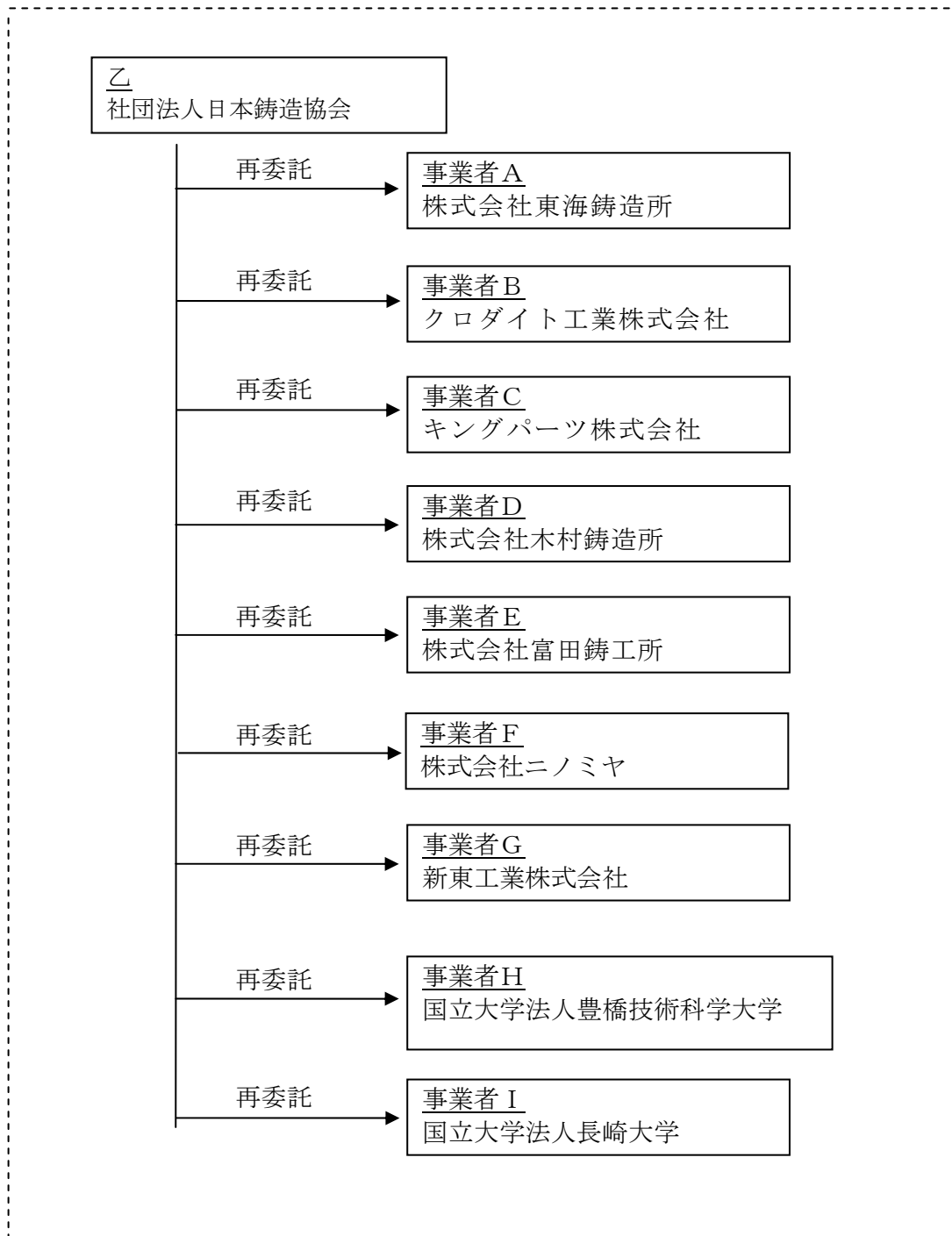
- 1) 重筋作業の効率向上;20%～50%(対象作業により異なる)
- 2) 作業効率向上によるコストダウン;当該作業において20%～50%(対象作業により異なる)
- 3) 重筋作業による腰痛、振動を伴う作業における白蟻病など、職業病の撲滅。

これら目標を達成させるために、上に示したA,B,Cの作業において、従来より鋳物作りに活発に活動している中小企業6社が、大学、研究機関、大手企業の協力の下に、それぞれの中小企業で従来より抱えている問題に焦点を絞り、(A:東海鋳造所、ニノミヤ、B:クロダイト工業、富田鋳工所、C:キングパーツ、木村鋳造)3グループに分かれ、各作業を対象とした3タイプの革新的なパワーアシスト装置を開発することで、中小鋳物メーカーの劣悪作業を改善し、コストダウンを目指す。

1-2 研究体制

(1) 研究組織及び管理体制

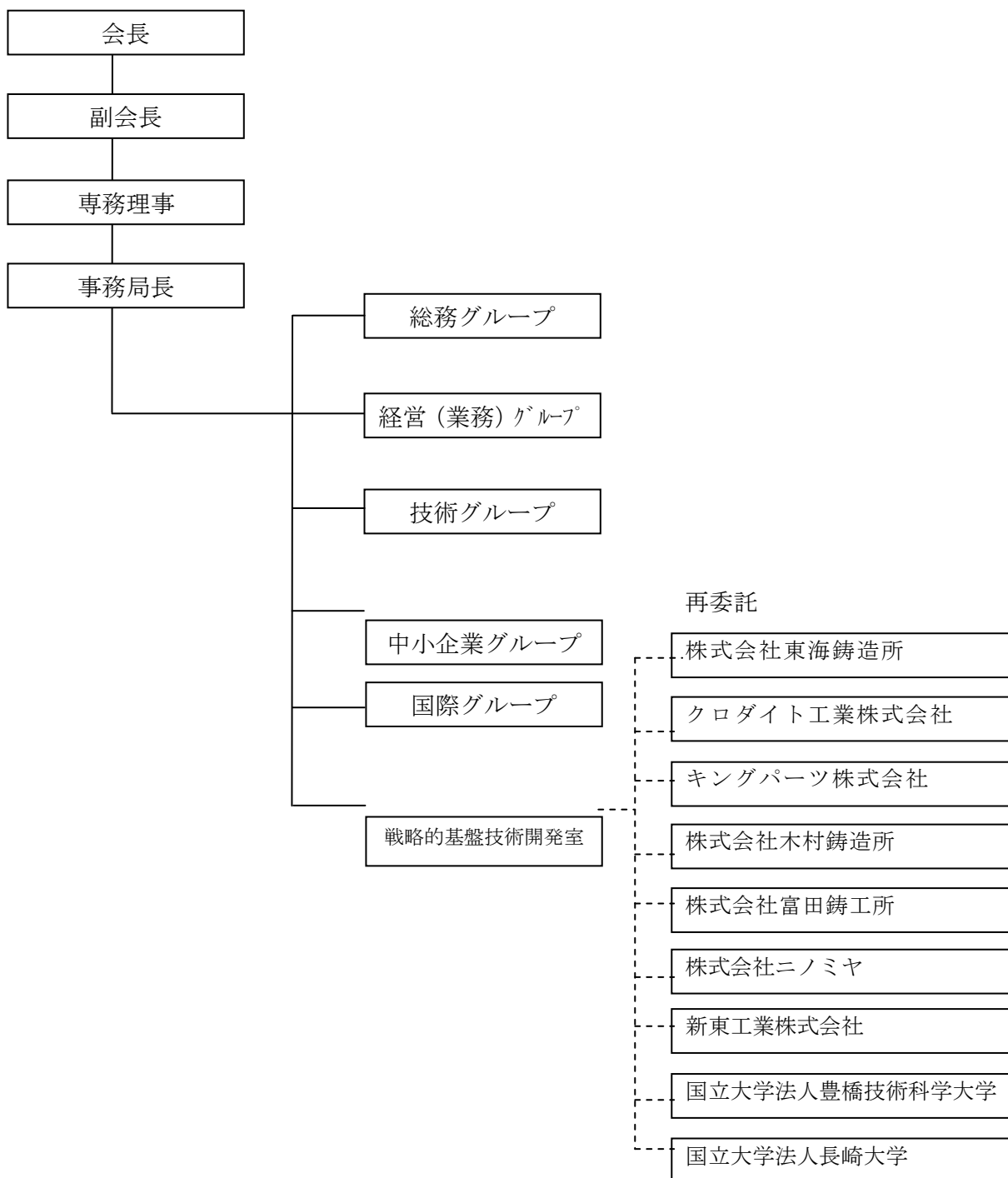
研究組織(全体)



2)管理体制

①事業管理者

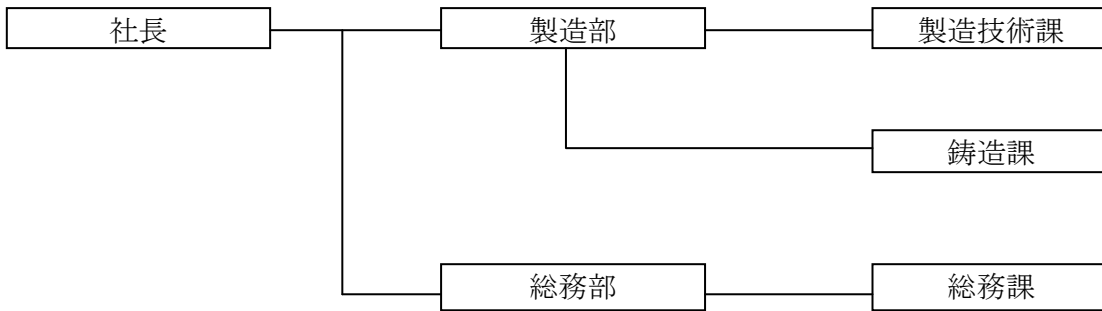
[社団法人日本鑄造協会]



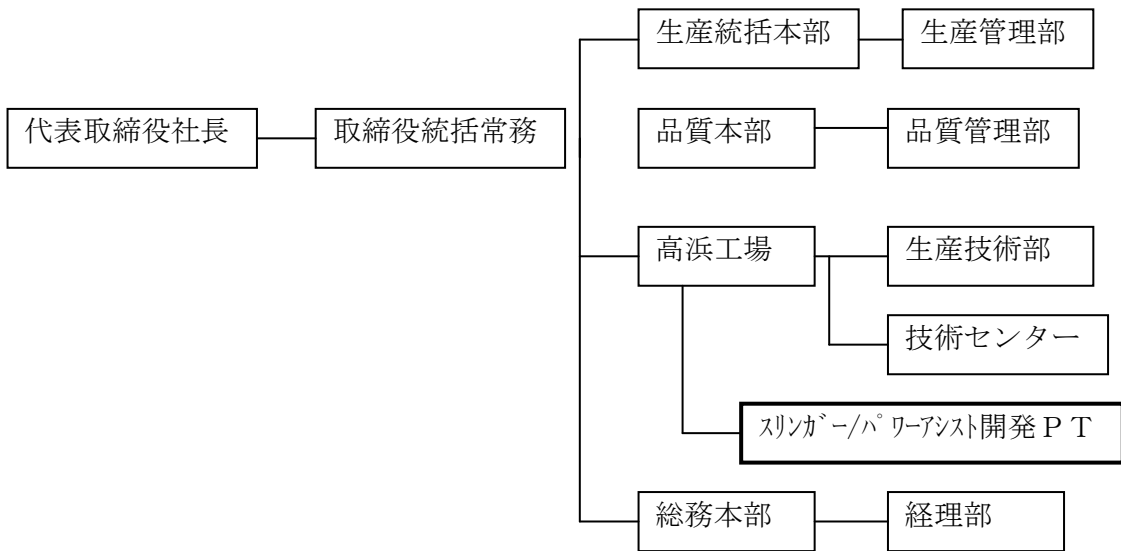
総括研究代表者 (PL)
国立大学法人豊橋技術科学
大学 教授
寺嶋 一彦

副総括研究代表者 (SL)
株式会社東海鑄造所
製造部 次長
野村 忠志

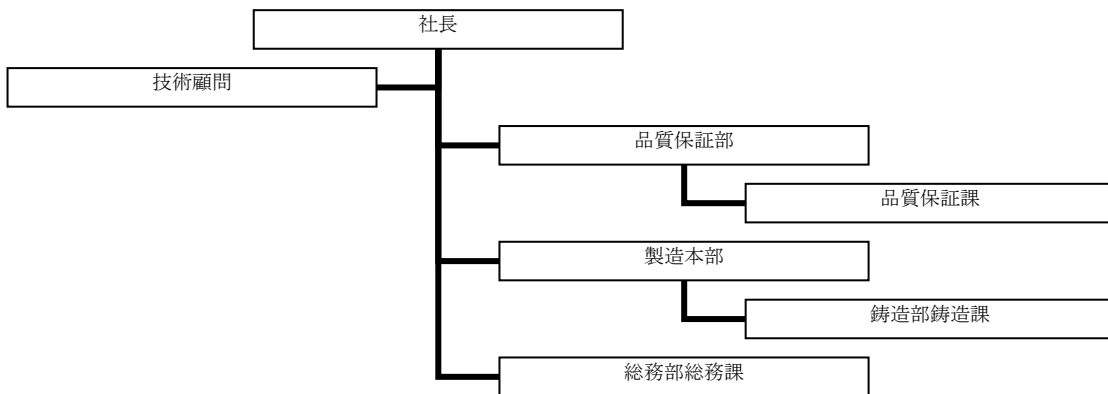
②(再委託先)
株式会社東海鑄造所



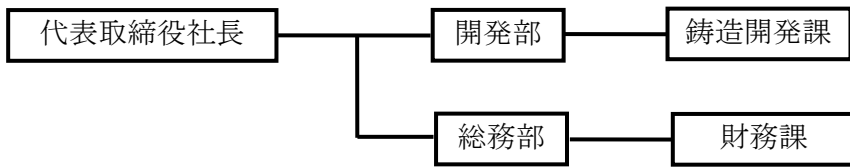
クロダイト工業株式会社



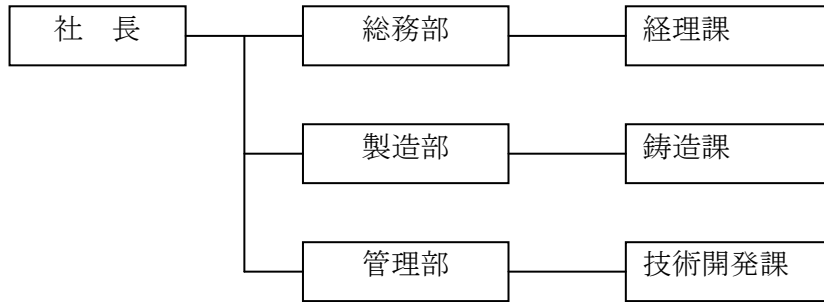
キングパーツ株式会社



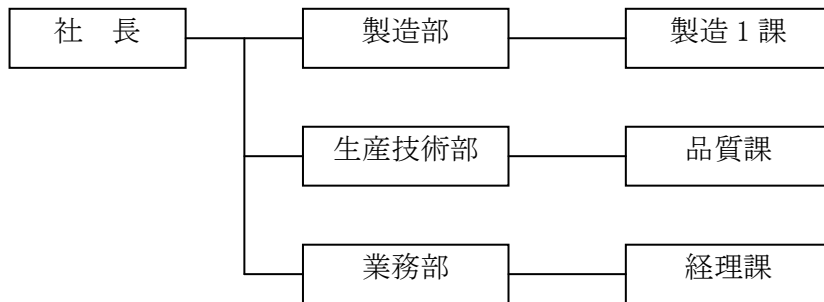
株式会社木村鋳造所



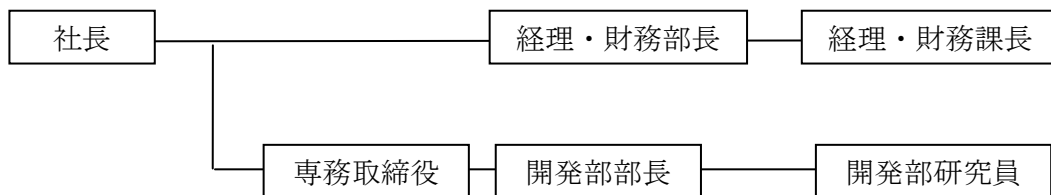
株式会社富田鋳工所



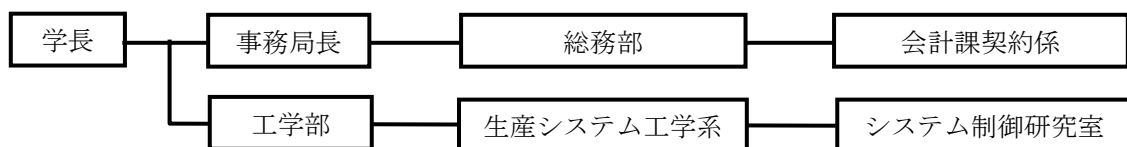
株式会社ニノミヤ

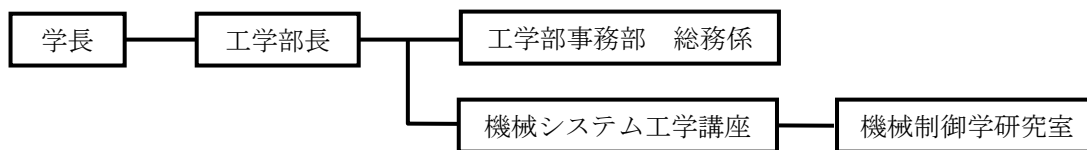


新東工業株式会社



国立大学法人豊橋技術科学大学





(2) 管理員及び研究員

【事業管理者】 社団法人 日本鋳造協会

①管理員

| 氏名 | 所属・役職 | 実施内容(番号) |
|------|------------------------|----------|
| 竹田 功 | 戦略的基盤技術開発室 グループリーダー | ⑪ |
| 金井 香 | 戦略的基盤技術開発室担当 | ⑪ |
| 翁川良一 | 総務グループ グループリーダー | ⑪ |

②研究員

| 氏名 | 所属・役職 | 実施内容(番号) |
|-----|-------|----------|
| なし。 | | |

※管理員が研究員を兼ねる場合は、①・②の双方に記載すること。この場合、②への再掲載にあたって、氏名の後に「(再)」と記載すること。

【再委託先】※研究員のみ

株式会社東海鋳造所

| 氏名 | 所属・役職 | 実施内容(番号) |
|------|------------|------------|
| 野村忠志 | 製造部 次長 | ①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩ |
| 金井田聡 | 鋳造課 サブリーダー | ①② |
| 伊原宏幸 | 製造技術課 リーダー | ①② |

株式会社ニノミヤ

| 氏名 | 所属・役職 | 実施内容(番号) |
|------|----------|----------|
| 二宮英樹 | 専務取締役 | ①② |
| 西辻泰生 | 生産技術部 顧問 | ①② |
| 糟谷和人 | 品質課 係長 | ①② |
| 井上修一 | 品質課 担当 | ① |
| 犬童辰彦 | 製造1課 課長 | ①② |
| 西 康弘 | 製造部 担当 | ① |

クロダイト工業株式会社

| 氏名 | 所属・役職 | 実施内容(番号) |
|-------|----------|------------|
| 高木 浩 | 理事 | ①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩ |
| 竹内正和 | 品質管理部 部長 | ①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩ |
| 喜多健一郎 | 生産管理部 係長 | ③④⑤ |
| 磯村仁志 | 生産技術課 課長 | ③④⑤ |

株式会社 富田鋳工所

| 氏名 | 所属・役職 | 実施内容(番号) |
|------|--------|----------|
| 小山一志 | 管理部 部長 | ①③④⑤⑥⑨ |
| 林 昭宏 | 管理部 課長 | ③④ |
| 伊藤慎二 | 管理部 担当 | ①③④⑤⑥⑨ |

キングパーツ株式会社

| 氏名 | 所属・役職 | 実施内容(番号) |
|------|-----------|-----------|
| 那須征雄 | 技術顧問 | ①②③④⑤⑥⑧⑨⑩ |
| 松葉憲児 | 品質保証部 部長 | ①②③④⑤⑥⑧⑨⑩ |
| 森 満 | 鋳造部鋳造課 主任 | ①②③④⑤⑥⑧⑨⑩ |
| 三島義博 | 鋳造部鋳造課 係長 | ①②③④⑤⑥⑧⑨⑩ |
| 藤川桂二 | 鋳造部鋳造課 係長 | ①②③④⑤⑥⑧⑨⑩ |

株式会社 木村鋳造所

| 氏名 | 所属・役職 | 実施内容(番号) |
|------|----------|------------|
| 福田葉椰 | 開発部 部長 | ⑦⑧⑨⑩ |
| 菊地俊史 | 鋳造開発課 主任 | ①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩ |

新東工業株式会社

| 氏名 | 所属・役職 | 実施内容(番号) |
|------|-------|------------|
| 牧野泰育 | 主任担当員 | ①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩ |

国立大学法人 豊橋技術科学大学

| 氏名 | 所属・役職 | 実施内容(番号) |
|------|-------|------------|
| 寺嶋一彦 | 教授 | ①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩ |
| 三好孝典 | 准教授 | ①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩ |
| 野田善之 | 助教 | ①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩ |

国立大学法人 長崎大学

| 氏名 | 所属・役職 | 実施内容(番号) |
|------|--------|------------|
| 諸麦俊司 | 工学部 助教 | ①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩ |

(3) 経理担当者及び業務管理者の所属、氏名

(事業管理者)

社団法人 日本鑄造協会

| | | | |
|---------|------------|----------|-----|
| (経理担当者) | 戦略的基盤技術開発室 | 担当 | 金井香 |
| (業務管理者) | 戦略的基盤技術開発室 | グループリーダー | 竹田功 |

(再委託先)

株式会社東海鑄造所

| | | | |
|---------|---------|------|-------|
| (経理担当者) | 総務部 総務課 | リーダー | 小林 光一 |
| (業務管理者) | 製造部次長 | | 野村忠志 |

株式会社ニノミヤ

| | | | |
|---------|--------|--|------|
| (経理担当者) | 業務部 部長 | | 野口政昭 |
| (業務管理者) | 専務取締役 | | 二宮英樹 |

クロダイト工業株式会社

| | | | |
|---------|-------------|--|------|
| (経理担当者) | 経理部 取締役経理部長 | | 石川隆義 |
| (業務管理者) | 高浜工場取締役工場長 | | 木村和男 |

株式会社富田鑄工所

| | | | |
|---------|----------|--|------|
| (経理担当者) | 総務部 総務部長 | | 富田光治 |
| (業務管理者) | 管理部部長 | | 小山一志 |

キングパーツ株式会社

| | | | |
|---------|----------|--|-------|
| (経理担当者) | 総務部 総務課長 | | 田中稔久 |
| (業務管理者) | 製造本部部長 | | 長谷川宏二 |

株式会社木村鑄造所

| | | | |
|---------|---------|--|-------|
| (経理担当者) | 総務部財務課長 | | 田辺 颯一 |
| (業務管理者) | 取締役 | | 菅野 利猛 |

新東工業株式会社

| | | | |
|---------|--------|--|------|
| (経理担当者) | 経理・財務部 | | 川上和明 |
| (業務管理者) | 開発部 | | 牧野泰育 |

国立大学法人豊橋技術科学大学

| | | | |
|---------|--------------|--|------|
| (経理担当者) | 会計課 契約係長 | | 坂口 等 |
| (業務管理者) | 生産システム工学系 教授 | | 寺嶋一彦 |

国立大学法人長崎大学

| | | | |
|---------|--------------|--|------|
| (経理担当者) | 工学部 総務係 専門職員 | | 森山良英 |
| (業務管理者) | 工学部 助教 | | 諸麦俊司 |

(4) 知的財産権の帰属

知的財産権は全て当方に帰属することを希望。

(5)その他

①アドバイザー

神鋼電機株式会社

| 氏名 | 所属・役職 | 実施内容(番号) |
|------|-----------------|------------|
| 河村博年 | 開発本部商品開発部 グループ長 | ①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩ |

日産自動車株式会社

| 氏名 | 所属・役職 | 実施内容(番号) |
|------|-------|------------|
| 川淵義臣 | 主担 | ①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩ |

1-3 成果概要

本プロジェクト事業では、鑄造作業で、代表的な劣悪作業と考えられる3つの作業を解消するパワーアシスト装置を設計、製作し、そのハードウェアを最適に動かすことのできる制御ソフトウェアを開発し、実装化に成功した。

①研削やハツリ作業等の振動作業&重筋作業用アームタイプのパワーアシスト装置の開発

②中子納めや鑄物等のハンドリング作業を補助するフレームタイプのパワーアシスト装置の開発

③型ばらしや切断作業等で鑄物のハンドリングを補助する移動ポールホイストタイプのパワーアシスト装置を開発した。上に示した①,②,③の作業において、従来より鑄物作りに活発に活動している中小企業6社が、豊橋技術科学大学、長崎大学、そして大手企業である新東工業、神鋼電機の協力の下に、それぞれの中小企業で従来より抱えている問題に焦点をしばり(①:東海鑄造所、ニノミヤ、②:クロダイト工業、富田鑄工所、③:キングパーツ、木村鑄造)、3グループに分かれ、各作業を対象とした3タイプの革新的なパワーアシスト装置を開発することで、中小鑄物メーカーの劣悪作業を改善し、コストダウンを目指した。

その結果、まず①の研削やハツリ作業等の振動作業&重筋作業用アームタイプのパワーアシスト装置の開発では、ロープで吊り下げたクレーン方式の装置を開発した。極めて簡単な構造で、従来の極悪環境での重勤作業を、DDモータを用いたパワーアシスト方式で、大幅に軽減することができた。また、振動も大幅に軽減できた。ただし、操作性に問題があり、改善の余地がある。

次に、②の中子納めや鑄物等のハンドリング作業を補助するフレームタイプのパワーアシスト装置の開発については、豊橋技術科学大学のシーズ技術があり、それに基づき、基礎研究がプロジェクト開始前から相当なされていたこともあり、技術的には大成功を収めた。

特に、着地時のバウンド問題は、以前から大きな問題であったが、プロジェクト開始後、多方面からアプローチし、設備メーカーである新東工業を中心に、現場での実験現象を解明し、問題解決の新アルゴリズムを発明するに至った。パワーアシスト効果もあり、また、従来のペンダント方式によるものより、サイクルタイムの低減化も達成することができた。装置のコスト減少が今後の問題である。

最後に、③の型ばらしや切断作業等で鑄物のハンドリングを補助する移動ポールホイストタイプのパワーアシスト装置の開発については、技術的には、よくできたパワーアシスト装置であり、労働による疲労度の現象には役立つことが明らかにされた。

しかし、荷物を掴むアタッチメントの部分に難しさがあり、マニュアルでやるときに比べ、操作性の悪さ、作業時間の長時間が問題として残った。

3年間という短時間であるにもかかわらず、3機のパワーアシスト装置の、ハードウェア、ソフトウェアを作成し、システム化に成功した。いづれも、人の疲労度を軽減でき、仕事を楽にできることを実証した。①では、振動が大幅軽減できた。②では、作業時間が短縮できた。③では、疲労度が減少できた。

今後は、①、③では、操作性の良さ、②では、装置のコストダウンが問題であることが明らかにされ、プロジェクト事業終了後も、補完事業を行い、これらの問題を解決していくことが決められた

1-4 当該プロジェクト連絡窓口

社団法人日本鑄造協会 戦略的基盤技術開発室 竹田功
連絡先:03-3432-299

第2章 研削やハツリ作業等の振動作業&重筋作業用アームタイプのパワーアシスト装置の開発

(主担当 株式会社東海鋳造所 副担当 株式会社ニノミヤ、研究実施者全員参加)

2-1 研究の目的及び目標

鋳造工場では、様々な形状のトリベを用いて生産を行っている。その際、トリベには必ず溶湯やスラグが付着する(写真-1)。これを取り除く作業(ハツリ作業)は、振動を伴う重筋作業であり、作業費も中小企業には大きな負担となっている。そこで、作業効率の向上(目標:作業時間の半減)と振動の絶縁を達成する装置を開発する。また、安全性を確保するため ISO13849-1 に準拠した設計とする。

2-2 実験方法

(1) 初期アームタイプ装置(5軸式)の開発

5軸の関節にブレーキを搭載し、昇降動作にはエアシリンダーによるアシストを利用する装置を開発した(写真-2)。

振動伝達の絶縁は達成したが、

①操作性が充分でない

②各軸にてギアのバックラシがあり、十分な力がトリベに伝わらない等の問題点があり、改造を重ねても目標の達成には到らなかった。



写真-1



写真-2

(2) 後期アームタイプ装置(吊下げ式)の開発

初期型の問題点を解決するテスト・検証を重ねた上で、吊下げ式に改造、開発した(写真3)。

改造内容は主に、①5軸から1軸に減らした。②昇降動作にはトルク制御のDHモーターを採用し、先端ブレーカーをワイヤーで吊下げた。

主な効果としては、以下の点が挙げられる。

①大型ブレーカーを先端に取り付けても、少ない労力で素早く移動(旋回・昇降)できる。

②先端ブレーカーの自重をハツリ力に利用できる。



写真-3

(3) 疲労度の検証

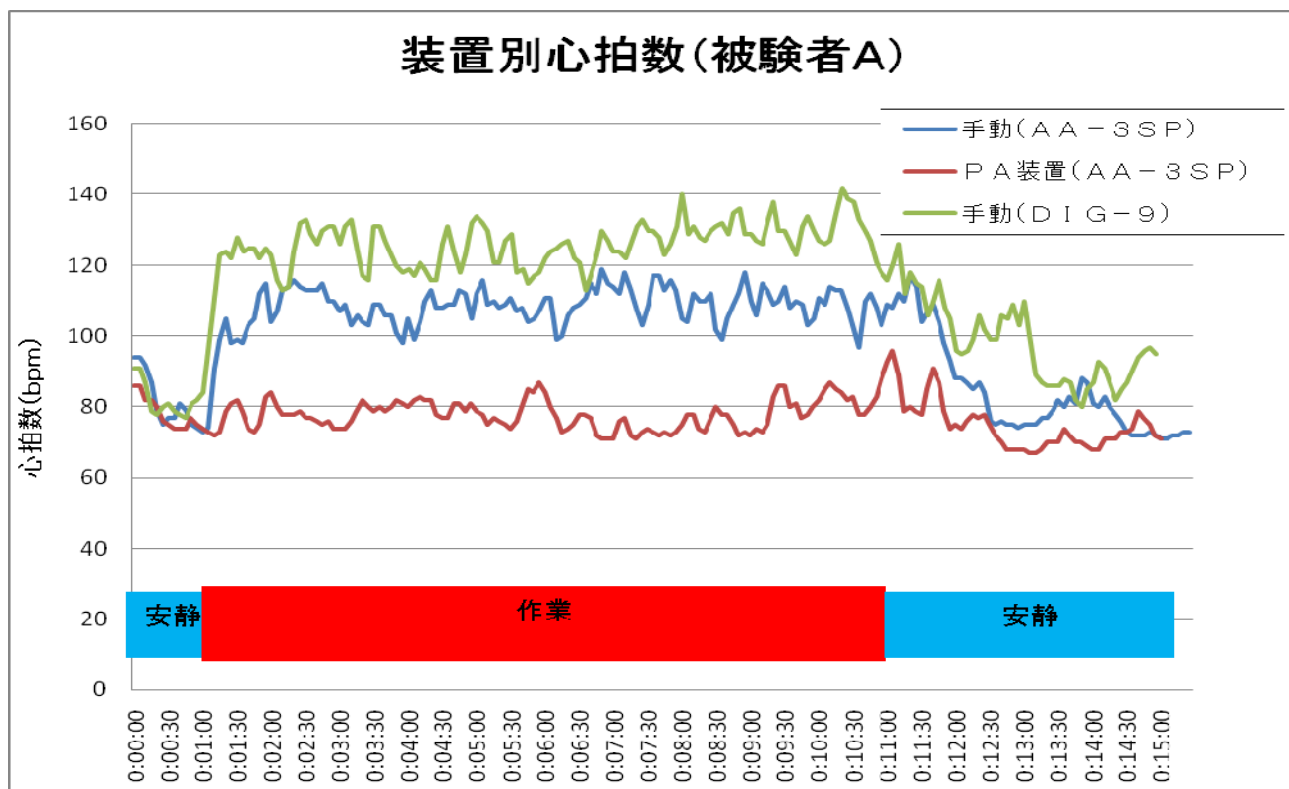
長時間のルーチン作業において、作業疲労の軽減は重要であり、装置開発のテーマでもある。ここでは、パワーアシスト装置（以下P A装置）の使用により、作業疲労度の軽減が達成されているかを、心拍数の測定をもって検証した。

<テスト方法>

- ・ 測定は、1分間の安静後に10分間の作業を行い、4分間の安静にて心拍の安定を確認して終了する。
- ・ 作業方法は以下の3種類を実施する。
 - ①手動にてブレーカー（AA-3SP：8.7kg）を使用・・・従来の作業
 - ②手動にてブレーカー（DIG-9：13.5kg）を使用
 - ③P A装置にてブレーカーはDIG-9を使用

<テスト結果・考察>

時系列の心拍数データを図A-1、その際の平均値と最大値を表A-1に示す。P A装置を使用した作業は、通常的心拍数と同等な値であり、作業負荷がほとんど無いことが分かる。従来の作業は、P A装置を使用した場合より20bpm以上の心拍数を示しており、作業負荷が大きいことを表している。DIG-9を使用した手動作業は、さらに心拍数が増加し、非常に大きい作業負荷となっていることがわかり、連続作業が困難である現状を示している。また、作業後安静による通常心拍数までの回復時間が、長期化している。また、初心作業者を被験者として行った実験でも同様の傾向となった。



図A-1

表 A-1

| | 手動(AA-3SP) | PA装置(AA-3SP) | 手動(DIG-9) |
|------------|------------|--------------|-----------|
| 平均心拍数(bpm) | 99 | 77 | 115 |
| 最大心拍数(bpm) | 119 | 96 | 142 |

2-3 研究成果

| 項目 | 目標 | 実績 | 評価 |
|---------------|-----------|-----------------------------|---|
| サイクルタイム(作業時間) | 176 分 | 275 分 | 目標には達しなかったが、従来(352分)より22%短縮した。 |
| 疲労度 | 振動を絶縁する | 振動加速度:7.4m/sec ² | 従来(190m/sec ²)より96%減少し、振動を感じないレベルとなった。 |
| | | 心拍数:80bpm | 従来(100bpm)より20bpm 低下し、平常時の値と同等となった。 |
| 操作性 | 人間と同等な操作性 | やや難あり | 操作性をさらに向上させることで、サイクルタイムの短縮が可能となる。 |
| コスト | 1人区 | 1 人区 | 疲労度が減少されたことにより、連続作業が可能となった。従来(2 人区)より 1 人区減少して、目標を達成した。 |

第3章 中子納めや鋳物等のハンドリング作業を補助するフレームタイプのパワーアシスト装置の開発 (主担当 クロダイト工業株式会社、副担当 株式会社富田鋳工所、研究実施者全員参加)

3-1 研究目的及び目標

鋳造における鋳型への「中子納め技能の代行」と「重筋作業を軽減」して高齢者や女性の作業を可能とさせるパワースキルアシスト装置を開発する。その装置により鋳物製品のコストダウンを図る。具体的には鋳物技能工の手作業による中子納めや鋳物のハンドリングなど200kg以下の重量物運搬において、スイッチを操作することなく、両手でワークを支えてハンドリングする装置を開発することで、中子納めなどの位置決めが迅速となり、水平方向の荷の移動には制振制御を取り入れる。そして中小企業にも導入しやすい価格で重筋作業の軽減と鋳物工の技能代行が可能な安全かつ作業効率の向上した装置を開発する。

- 目標 ①鋳物製品の20%のコスト削減をする。
②重筋作業技能代行への装置の価格を350万円とする。

3-2 実験方法

広範囲な運搬において、作業者が直接荷物を操る方法を採用し、重い荷物に対して人間の加える小さい力で荷物を搬送できる装置（パワーアシスト装置）を、開発主担当のクロダイト工業と開発副担当の富田鋳造所が協力して、装置の仕様の策定を行なった。装置・制御システムの製造に関しては、研究機関（豊橋技術科学大学）や製造メーカー（新東工業）に協力を受けた。クロダイト工業と富田鋳造所は、設置された装置を使用してフィールドテストで継続的改善を行い、中小企業が目的とする安価で、生産性向上と安全作業を実現できる装置の開発を行なった。

3-3 研究成果

1) 鋳物製品及び装置のコスト削減

●成果（NS押輪1000）

- ①目標の20%削減に対して、5%の削減になった。
②装置価格は、今回のフィールドテストの技能代行への要求を満たす装置開発をした為、大幅なコストアップとなってしまった。普及に対しては中小企業個々の仕様に合わせ装置価格を導入可能な装置金額500万円以内と設定した。

●方法

生産性が悪いVプロセスラインでの生産を止め、生砂ラインへ移す改善(中子を使用してスリッガーラインで生産できる様にした)を行い、重量の重い中子の中子納め(写真1)を実施するためパワーアシスト装置(写真2)を導入することで、鋳物のコスト削減をした。製品の品質については、製品の寸法は規格を満足しており、目標であった旋盤加工の加工レス化もできた。

今後、設備や作業方法の改善を実施し、更にコストの削減を行っていく。



写真1 中子納め作業

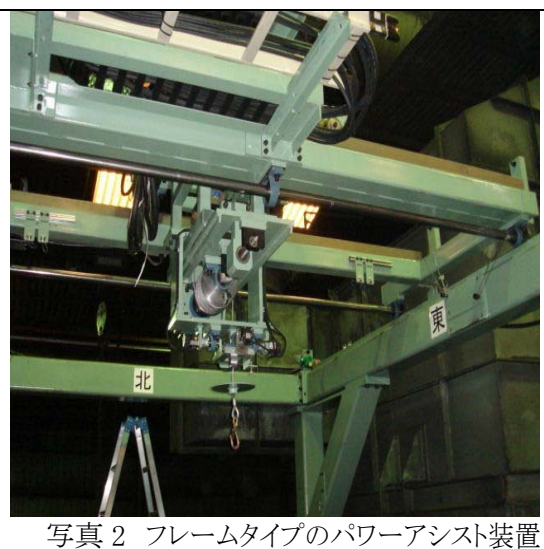


写真2 フレームタイプのパワーアシスト装置

2) 重筋作業改善への作業の疲労度

●結果

中子納め作業時の被験者の心拍数は、「クレーンで中子納め」「パワーアシスト装置で中子納め」「人手で中子納め」の順に高くなり、「パワーアシスト装置で中子納め」は「人手で中子納め」に比べ、被験者の心拍数が平均値で4.3bpm最大値で13bpm低下できた。

●方法

疲労度測定は、それぞれの作業方法で中子納め作業を実施し、「フレームタイプパワーアシスト装置を使用して、1人の作業者が中子納めをした。」と、「天井クレーンを使用して1人の作業者が中子納め作業をした。」と、「中子を2人の作業者が手に持って中子納め作業をした。」の3種類の作業時の心拍数を測定した。心拍数の試験をした3人の被験者に対して、装置についてアンケートを行った。

アンケートの評価は、作業が楽になり作業効率も向上したが、操作性や装置に対して改善点の指摘があり、今後の課題とした。

3) 鋳物造型工の技能代行可能な操作性

●結果

作業者の意志の通りにパワーアシスト装置が軽くスムーズに楽に動き、中子を両手に持って操作でき、鋳型と中子の間の抵抗を作業者が感じながら中子を鋳型に納めることが出来るようになった。

事業化に向けて、研究実施者全員が参加する全体委員会および分科会において、「他の鋳物工場への展開」を検討し、生型鋳型や自硬性鋳型の中子納め・鋳物の搬送・原材料副資材の運搬等に、使用できることを確認した。

●方法

「作業者の意志の通りに3次元に軽くスムーズに動き、中子を両手に持って中子を納められること。」を目標に装置の改善とフィールドテストを行なった。当初は中子納め時にパワーアシスト装置が中子を持ち上げたと検出し、ジャンピングの不具合が発生した。

プロジェクトメンバーの多方面からのアプローチと、設備メーカーである新東工業を中心に、現場での実験現象を解明し、問題解決のための新アルゴリズム「着地制御」を開発し、それをプログラム制御で装置化できた。装置の改良により、高齢者や女性でも重量物の中子納めが出来るようになり、重筋作業である中子納めの技能代行が出来るようになった。

操作は、パワーアシスト状態にするための押釦スイッチを1回操作することで、種々な重量のワークがパワーアシスト状態になり、軽く動かせるようになった。

重量の重いワークの中子納めの可否を確認するため、株式会社富田鋳工所はフラン鋳型をクロダイト工業株式会社に持ち込み、中子と治具の重量を合せて125kgの自硬性中子で中子納めのテスト（写真3）を行なった。その結果パラメーターの設定値を変更することで、中子の搬送作業と中子納め作業がスムーズに行え、着地についても自動着地検出が働き、良好な動作であることを確認した。

安全性については、安全カテゴリーに対しての検証を行った。カテゴリー評価をJISB9702「次世代ロボット安全性ガイドライン」の「危険源、危険状態及び危険事象の例」の各項目のチェックシートを作成して、各項目毎に、安全カテゴリーのどこに分類されるかをチェックした。（ガイドラインの総項目数は126項目であるが、フレームタイプパワーアシスト装置使用に供する「中子納め作業・中子造型作業」においては、該当する項目は40項目であった。）

フレームタイプパワーアシスト装置は、安全カテゴリー3が適用される装置／作業であることを確認し、この結果は製造メーカーの新東工業(株)、および使用者のクロダイト工業(株)の安全仕様を満足した。



写真3 自硬性中子の中子納め

4) 中子納めのサイクルタイム

●結果

中子納めの1サイクル時間を、目標時間 1分/サイクルと設定してフィールドテストを実施して、目標時間を上回る1サイクル時間51.6秒/サイクルで行なうことができた。クレーンでの中子納め作業に比べ、約40%の時間の短縮をすることができた。

●方法

フレームタイプパワーアシスト装置の操作が、装置の改良により簡単になり、搬送者の意思のように、3次元のスムーズな中子の搬送ができ、中子を両手に持って鋳型の反力を感じながら中子納め作業ができるようになり作業時間の短縮ができた。造型作業場に色々な改造を行い、搬送に使用する通路も整備でき、パワーアシスト装置を使用するために作業場所も改善された。

第4章 型ばらしや切断作業等で鋳物のハンドリングを補助する移動ポールホイストタイプのパワーアシスト装置の開発 (主担当 キングパーツ株式会社、 副担当 株式会社木村鋳造所)

4-1 研究の目的及び目標

ロストワックス鋳造工程の、一次切断作業において重筋労働の軽減、狭小作業場での安全作業の確保など目的とし「ポールホイストタイプパワーアシスト装置」を利用し改善を行う。

4-2 実験方法

(1) アシスト装置の仕様

アームのスライド長は、収縮時1500mm伸縮時2200mmの範囲でスライドが出来、アームの旋回、及びスライド伸縮はモーターの動力を使用せず手で楽に動かせる。駆動部はスプライン、ボールネジ、サボモーターで構成され、アームの最下降時650mm、最上昇時2200mmの範囲で移動でき対応重量は最大40kgまでアシストが行われる。

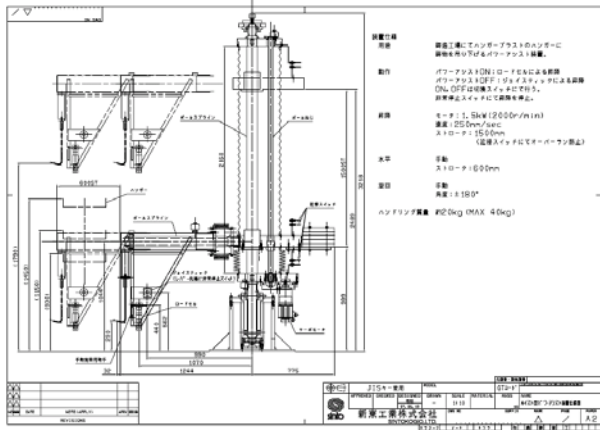


図-1 (初期製作製図)

写真-1 (完成機)

(2) クランプハンドの製作

装置の性能を上げるためにはワークをハンドリングするクランプハンドの完成度が不可欠となりクランプハンドの開発を行った。クランプは安全を考慮しエアシリンダーの出力により行える。

1) 初期クランプハンドクランプハンドユニット(1号機)

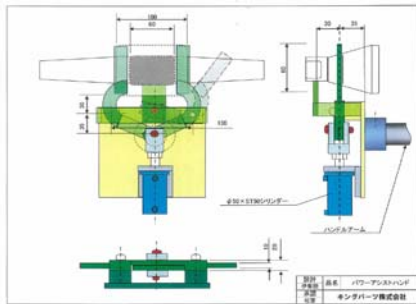


図-2 クランプハンド構造図

2) 最終クランプハンドユニット(3号機+前後スライド機構付加)

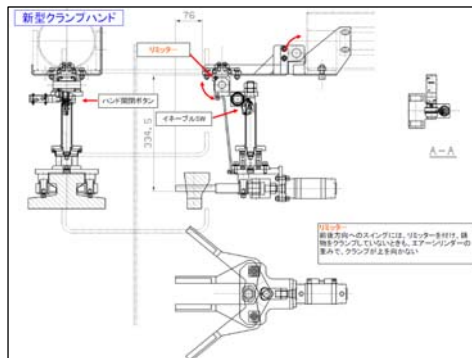


図-3 クランプハンド構造図

3) クランプハンドの性能

- ① 下降時物との接触に対し衝撃を緩和する構造である。(跳ね上がりで緩和)
- ② クランプハンドユニットが前後に角度調整が行える。
- ③ ランプハンドがフレーム内で100mmスライドが出来る。

(3) 完成機による疲労度調査

実作業における手作業、及びアシスト装置におけるローディングアンローディング時の作業者に掛かる疲労度を調査し重筋作業軽減の確認を行う。

1) 疲労度調査方法

- ① 疲労度調査の手法として心拍計を用い心拍数の変化により疲労度を求める。
- ② ローディングアンローディング時間調査で使用したダミーの重量17kgツリー・重量30kgツリーの2タイプにより疲労度の調査を行う。
- ③ 作業はローディング後1分休憩のちアンローディングローディングを繰り返す。
- ④ 手作業・アシスト装置も同様。



2) 調査成果

手作業での心拍数がツリー重量問わず最大を示し休憩時は急減するがPA装置作業では心拍数の変化が少なく休憩時での変化があまり現れない。(図-4・表-1参照)

また、ツリーの重量負荷が大きくなっても心拍数の増加は微小であった。よってPA装置による作業で負荷の変化に対し作業者の疲労度は殆ど変化しないことが解明できた。

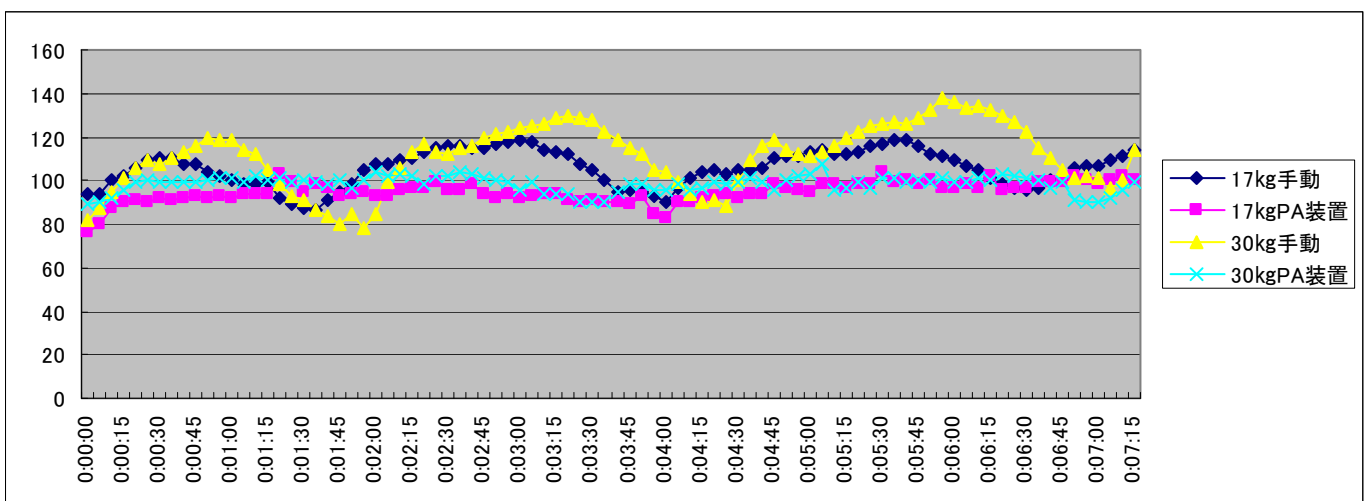


図-4

表-1

| | | 平均心拍数 (bpm) | 最大心拍数 (bpm) |
|--------|------|-------------|-------------|
| 手作業 | 17kg | 106 | 119 |
| | 30kg | 111 | 138 |
| PA装置作業 | 17kg | 94 | 103 |
| | 30kg | 98 | 108 |

4-3 研究成果

| 項目 | 目標 | 成果 | 評価 |
|-------------------|-------------------------|---------------------|---|
| サイクルタイム (作業時間) | 60秒 | 240秒 | 研究過程で短縮はしたが目標に至らなかった。 |
| 疲労度 | ほぼ疲労を感じないローディングアンローディング | 98bpm | 心拍数最大値は手作業(30kg)で138bpmであるがPAでは108bpmと30bpm低下で殆ど疲労感はない。 |
| 操作性 | 経験、専門的知識なく、誰でも操作できる。 | 誰でも操作できるが、操作自体が煩わしい | イネーブルスイッチ、クランプハンド開閉スイッチ、昇降レバーを同時に操作する場合がある。 |
| コスト | 作業効率30%減 | 重筋作業が軽減30% | 作業時間は短縮できないが長時間の作業が行える特に、夏期の作業には効果が発揮出来る。 |

第5章 全体総括

5-1 成果の総括

本プロジェクト事業では、鑄造作業で、代表的な劣悪作業と考えられる3つの作業を解消するパワーアシスト装置を設計、製作し、そのハードウェアを最適に動かすことのできる制御ソフトウェアを開発し、実装化に成功した。

①研削やハツリ作業等の振動作業&重筋作業用アームタイプのパワーアシスト装置の開発

②中子納めや鑄物等のハンドリング作業を補助するフレームタイプのパワーアシスト装置の開発

③型ばらしや切断作業等で鑄物のハンドリングを補助する移動ポールホイストタイプのパワーアシスト装置を開発した。

まず①の研削やハツリ作業等の振動作業&重筋作業用アームタイプのパワーアシスト装置の開発では、ロープで吊り下げたクレーン方式の装置を開発した。極めて簡単な構造で、従来の極悪環境での重勤作業を、DDモータを用いたパワーアシスト方式で、大幅に軽減することができた。また、振動も大幅に軽減できた。ただし、グラインダーが取り鍋に設置した後の操作性に問題があり、改善の余地がある。

次に、②の中子納めや鑄物等のハンドリング作業を補助するフレームタイプのパワーアシスト装置の開発については、豊橋技術科学大学のシーズ技術があり、それに基づき、基礎研究がプロジェクト開始前から相当なされていたこともあり、技術的には大成功を収め、完成の域に達することができた。

特に、着地時のバウンド問題は、以前から大きな問題であったが、プロジェクト開始後、多方面からアプローチし、設備メーカーである新東工業を中心に、現場での実験現象を解明し、問題解決の新アルゴリズムを発明するに至った。

また、豊橋技術科学大学はその現場の発見をもとに、それを理論的に解明し、より一般的なアルゴリズムに拡張した。パワーアシスト効果もあり、また、従来のペンダント方式によるものよりサイクルタイムの低減化も達成することができた。

しかし、長距離搬送では、人と機械が接するパワーアシストには時間短縮には限界があり、その場合は、作業付近までは、クレーンのペンダント操作、また作業付近ではパワーアシスト操作を行うハイブリッド方式がよいことなど、本プロジェクトで示唆された。なお、装置のコスト削減が今後の問題である。

最後に、③の型ばらしや切断作業等で鑄物のハンドリングを補助する移動ポールホイストタイプのパワーアシスト装置の開発については、技術的には、よくできたパワーアシスト装置であり、長時間労働による疲労度の現象には役立つことが明らかにされた。

しかし、荷物を掴むアタッチメントの部分に難しさがあり、マニュアルでやるときに比べ、操作性の悪さ、作業時間の長時間が問題として残った。

3年間という短時間であるにもかかわらず、3機のパワーアシスト装置の、ハードウェア、ソフトウェアを作成し、システム化に成功した。いずれも、人の疲労度を軽減でき、仕事を楽にできることを実証した。①では、振動を大幅に抑制できた。②では、作業時間が短縮できた。③では、疲労度が減少できた。

今後は、①、③では、操作性の良さ、②では、装置のコストダウンが問題であることが明らかにされ、プロジェクト事業終了後も、補完事業を行い、これらの問題を解決していくことが決められた。

上に示した①,②,③の作業において、従来より鑄物作りに活発に活動している中小企業6社が、豊橋技術科学大学、長崎大学、そして大手企業である新東工業、アドバイザーとして、神鋼電機、日産自動車の協力の下に、それぞれの中小企業で従来より抱えている問題に焦点を絞り、(①:東海鑄造所、ニノミヤ、②:クロダイト工業、富田鑄工所、③:キングパーツ、木村鑄造)3グループに分かれ、各作業を対象とした3タイプ革新的なパワーアシスト装置を開発することで、中小鑄物メーカーの劣悪作業を改善し、コストダウンを目指した。

3年間にわたり、毎年、全体委員会4回、3つのサブテーマ毎に年4回の部会、不定期的に、実験および、試験など行った。

最初は各々の機関の文化も違い、食い違いもあったが、大きな目標の元に、メンバーが、自分の役割をよく認識し、またまとまりのある連携を行うことができた。

なお、中小企業の若手が、大学の研究員として、定期的に大学に訪問し、大学のシーズ技術を修得した点は、人材育成という点で特筆される。

一方、大学の教員、学生も、企業を訪問し、実物の機械で実験を行う機会を得、また産業界のニーズも勉強できた点は、実用化への壁を越えるためのノウハウを学習でき、大変良い機会を得た。このように、大学、中小企業、大企業の連携による双方向の共同研究により、本事業は、多大な成果を上げることができたが、成果のみならず、

今後のこの分野の発展に繋がる人的ネットワークができた点は、メンバー全員、望外の喜びである。

5-2 工業所有権の取得状況及び対外発表等の状況

3つの特許を出願した。テーマ①のはつり作業用パワーアシストでは、2件出願、テーマ②のフレームタイプパワーアシストでは、1件出願した。なお、テーマ③のポールホイストタイプも1件出願を予定している。本プロジェクト共同研究の意味から、メンバー全員の共同出願ができた。

今後は、日本鋳物協会、日本鋳造工学会などの学会で、成果を学会発表、論文発表など公表していく予定である。

5-3 今後の事業化に向けた取り組み

事業化の取り組みは、まず、プロジェクト終了後も、新たに補完プロジェクトを立ち上げ、継続して研究開発、および事業化に向けた取り組みを行う。具体的には、3つのサブテーマで進捗状況が違うので、次のように実施していく。

①研削やハツリ作業等の振動作業&重筋作業用アームタイプのパワーアシスト装置の開発

ロープの吊り下げ方式という簡単な機構であり、実用化の可能性が高い。グラインダーが取り鍋に接触した後の操作性の改善を行うこと、また、DDモータは価格的に高いので、安価なモータに変更する。これらを至急、改善して、事業化に向かう。

②中子納めや鋳物等のハンドリング作業を補助するフレームタイプのパワーアシスト装置の開発

技術的には完成した。装置のコストダウンを検討し、事業化に入る。

③型ばらしや切断作業等で鋳物のハンドリングを補助する移動ポールホイストタイプのパワーアシスト装置

対象物を掴むアタッチメントが問題である。これを操作しやすく掴みやすいものに改善を検討する。

補完プロジェクトは、3つのグループを一つにまとめ、全体として年4回程度集まり、戦略および、研究開発の進捗状況を監視する。

最後になるが、このような有意義な3年間の研究プロジェクト推進の機会を与えていただき、また多大なる資金の援助をしていただいた、経済産業省に深く御礼申し上げる次第である。