

平成25年度戦略的基盤技術高度化支援事業
「メンテナンスフリー大型ばね式フィルター製造技術の確立」

研究開発成果等報告書

平成26年3月

委託者 関東経済産業局
委託先 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	1
1-1	研究開発の背景・研究目的及び目標	1
1-2	研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）	5
1-3	成果概要	9
1-4	当該研究開発の連絡窓口	12
第 2 章	本論（研究開発の詳細）	13
2-1	サーボプレスを活用した高精度化・高機能化技術の開発	14
2-2	高機能 DLC 処理によるプレス金型の高寿命化・環境配慮技術の開発	17
2-3	プレス成形シミュレーション技術の開発	20
2-4	高速複合生産加工ラインシステムの構築	26
2-5	実製品の試作による低コスト化及び性能の検証	31
第 3 章	従来技術との差異・優位性、技術の用途、事業化・製品化の見通し	40
第 4 章	全体総括	41

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

ばね式フィルターはこれまで、高精度で高耐久、メンテナンスフリーなどの特長が業界やメディアに高い評価を得てきたが、少量ろ過処理に適した小型ばね式フィルターに止まっていた。近時船舶バラスト水や自然環境改善等、多種多様な産業分野から大量処理用の大型ばね式フィルターへのニーズが寄せられるようになったため、最近大型ばね式フィルターを試作した（図1-1-1）。しかし、試作品で性能の優秀性は確認できたものの、量産方法については、さまざまな検討にも拘らず、従来の製造方法では型（圧延ロールに施した溝）が持たず、不良品が多発し（図1-1-2）、大型ばね式フィルターを安定した品質および市場に受け入れられる価格で製造することはできなかった。そこで大型ばね式フィルターを市場に提供するために、新しい製造方法を開発する必要性が生まれた。

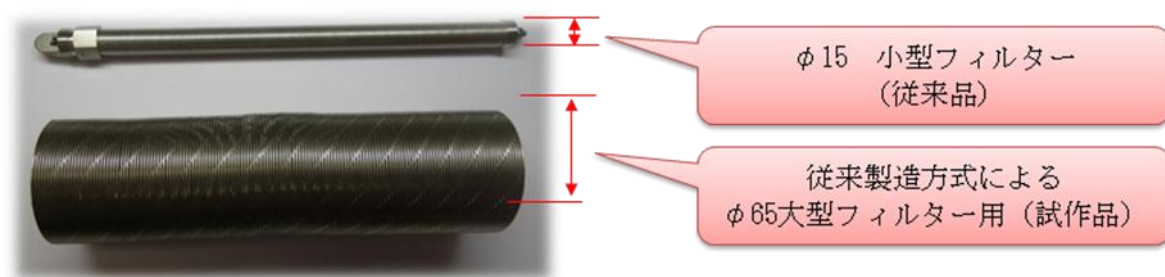


図1-1-1 ばね素線のロールによる凸起加工例

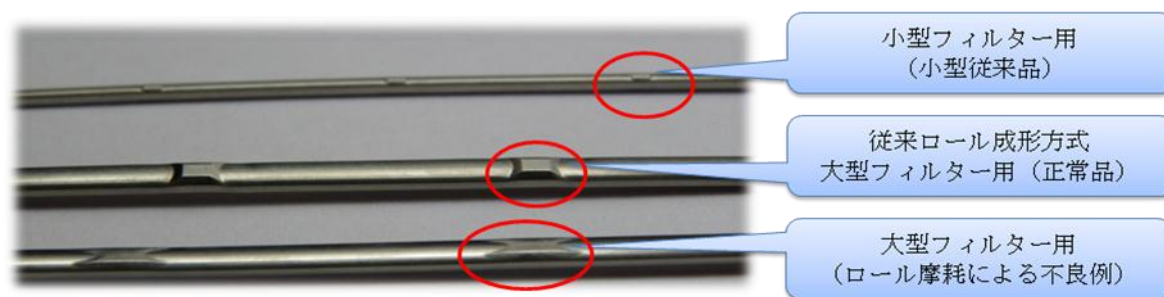


図1-1-2 従来ロール成形方式による大型フィルター用ばね線材の加工例

(2) 研究目的及び目標

【研究目的】

ばね式フィルターは、高精度、高耐久、メンテナンスフリー及び産業廃棄物の発生が無い等の特長を持つが、製造方法の制約から小型ばね式フィルターの製造に限定されているため、少量処理の用途に留まっている。

ろ過の分野では、近年問題になっている船舶バラスト水の処理や自然環境改善等、大型ろ過プラントのニーズが高い。大型ろ過プラントは、大量処理を行わなければならないので、小型ばね式フィルターでは対応できない。

このため、小型ばね式フィルターにのみ適用可能であった線材の加工方法等を見直し、大型ばね式フィルターの製造技術の確立を目標として研究を行う。

【研究開発の実施機関と研究開発目標について】

平成23年度、平成24年度、及び平成25年度の研究実施機関と研究開発目標値を下表に示した。

平成23年度の研究実施機関と研究開発目標値は下表のとおりである。

研究課題	研究実施機関	研究目標
①サーボプレスを活用した高精度化・高機能化技術の開発 ①-1 金型の長寿命化と生産性の向上	(株)モノバエンジニアリング 日本大学生産工学部 (株)イトウ精工	金型寿命及び生産性を従来比率50倍を目指す。 従来約1時間で破損、これを50時間以上とする。
①サーボプレスを活用した高精度化・高機能化技術の開発 ①-2 金型の高度化による製品の低価格化	(株)モノバエンジニアリング 日本大学生産工学部 (株)イトウ精工	従来の製造方式ではフィルター価格は1本当たり30万円程度となる。 これを1/5（6万円）にする事が目標である。
②高機能DLC処理によるプレス金型の高寿命化・環境配慮技術の開発 ②-1 DLC技術による金型の高度化及びブロック化	(株)モノバエンジニアリング 日本大学生産工学部 ナノテック(株) JFE テクノリサーチ(株)	模擬金型を作成しDLC被膜処理を行い、耐久テストを行う。
②高機能DLC処理によるプレス金型の高寿命化・環境配慮技術の開発 ②-2 DLC技術による低オイル化	(株)モノバエンジニアリング 日本大学生産工学部 ナノテック(株) JFE テクノリサーチ(株)	模擬金型にDLC処理を行い、低摩擦による低オイル化を図る。減量率80%を目指す。
③プレス成形シミュレーション技術の開発 ③-1 シミュレーション技術の活用	(株)モノバエンジニアリング 日本大学生産工学部	金型の耐久力を従来加工方式の50倍以上を目指し研究を進めている。
③プレス成形シミュレーション技術の開発 ③-2 最適生産方式の設定	(株)モノバエンジニアリング 日本大学生産工学部	金型の構成研究により金型メンテ時間を従来の1/10程度（約20分）に短縮する。
④高速複合生産加工ラインシステムの構築	(株)モノバエンジニアリング JFE テクノリサーチ(株)	・60tサーボプレス改良 ・ばね線材矯正機 ・プレス金型 ・送り、引き出し装置 ・線材供給装置 ・超高精度検査装置 ・トラバース付巻取装置

平成24年度の研究実施機関と研究開発目標値は下表のとおりである。

研究課題	研究実施機関	研究目標
①サーボプレスを活用した高精度化・高機能化技術の開発 ①-1 金型の長寿命化と生産性の向上 ①-2 金型の高度化による製品の低価格化	(株)モノバエンジニアリング 日本大学生産工学部 (株)イトウ精工	①-1 金型の長寿命化と生産性の向上 ①-2 金型の高度化による製品の低価格化 ⇒1/5 (最終年度までに) (②～⑤の24年度研究目標を着実に実施)
②高機能DLC処理によるプレス金型の高寿命化・環境配慮技術の開発 ②-1 DLC技術による金型の高度化及びブロック化 ②-2 DLC技術による低オイル化	(株)モノバエンジニアリング 日本大学生産工学部 (株)イトウ精工 ナノテック(株)	②-1 DLC技術による金型の高度化及びブロック化（2ラインの合計30万回以上のライフテスト） ②-2 DLC技術による低オイル化 (減量率1/50)

③プレス成形シミュレーション技術の開発 ③-1 シミュレーション技術の活用 ③-2 最適生産方式の設定	(株)モノベエンジニアリング 日本大学生産工学部	③-1 3Dシミュレーション技術の活用 (成形荷重の50%軽減) ③-2 最適生産方式の設定 (金型分割方法の提案)
④高速複合生産加工ラインシステムの構築 ④-1 ばね線材塑性プレス加工ラインの改善 ④-2 不動態化処理槽の改造 ④-3 精密中温熱処理機の改造	(株)モノベエンジニアリング	④-1 ばね線材塑性プレス加工ラインの改善 (製造ラインの完成度向上) ④-2 不動態化処理槽の改造 (気泡による洗浄性能の向上) ④-3 精密中温熱処理機の改造 (乾燥性能の向上)
⑤実製品の試作による低コスト化及び性能の検証 (その1/3) ⑤-1 大型ばね式フィルターの試作品の製作 ⑤-2 組立部品類の構造変更 ⑤-3 大型ばね式フィルターろ過実験装置の開発	(株)モノベエンジニアリング 日本大学生産工学部 (株)イトウ精工 国立大学法人九州大学	⑤-1 大型ばね式フィルターの試作品の製作 (巻き治具開発) ⑤-2 組立部品類の構造変更 (芯金改造により40%コスト削減) ⑤-3 大型ばね式フィルターろ過実験装置の開発 (縦装着式装置 1 台及び横装着式装置 1 台の試作)
⑤(その2/3) ⑤-4 ろ過実験	(株)モノベエンジニアリング 国立大学法人九州大学	⑤-4 ろ過実験 (試作品の評価)
⑤(その3/3) ⑤-5 異形ばね線材の高機能化の研究	(株)モノベエンジニアリング 日本大学生産工学部 (株)イトウ精工 国立大学法人九州大学	⑤-5 異形ばね線材の高機能化の研究 (H25 計画に向けたばね線材の形状各種試験を実施)

平成 25 年度の研究実施機関と研究開発目標値は下表のとおりである。

研究課題	研究実施機関	研究目標
①サーボプレスを活用した高精度化・高機能化技術の開発	(株)モノベエンジニアリング (株)イトウ精工	①-1 金型の長寿命化と生産性の向上 ⇒更なる高度化 ①-2 金型の高度化による製品の低価格化 ⇒1/5 (最終年度に) (②～⑤の 25 年度研究目標を着実に実施)
②高機能 DLC 処理によるプレス金型の高寿命化・環境配慮技術の開発	(株)モノベエンジニアリング (株)イトウ精工 ナノテック(株)	②-1 金型の DLC 技術による高度化及びブロック化 ⇒DLC の被膜層の改善 ⇒15 万回/1 ラインの耐久性
③プレス成形シミュレーション技術の開発	(株)モノベエンジニアリング	③-1 3D成型シミュレーション技術の活用 ⇒低加圧加工・低摩擦構造の形状の取得
④高速複合生産加工ラインシステムの構築	(株)モノベエンジニアリング	④-1 ばね線材塑性プレス加工ラインの改良 ⇒安定稼働時間 3 倍以上
⑤実製品の試作による低コスト化及び性能の検証	(株)モノベエンジニアリング (株)イトウ精工 国立大学法人九州大学	⑤-1 ろ過実験装置 ⑤-2 異形ばね線材の改良 ⇒ろ過効率や逆洗浄性の向上 ⇒強度不足の改善

(3) 実施計画内容

具体的な実施計画内容は次のとおりである。

【研究の概要】

本事業の研究開発目標は、高性能で低コストな「大型ばね式フィルター」試作改良品の完成

である。また、「大型ばね式フィルター」試作改良品の装着等により、平成25年度には平成24年度に試作した縦並びに横装着式ろ過実験装置の更なる改良を行い、「ろ過システム」全体としての低コスト化及び高性能化を図る。さらに、平成25年度には側溝や河川、湖沼等の放射能汚染の除去用に使用可能で、各種データの収集が出来る「可搬式放射性物質除去用ろ過実験装置」の試作と検証も実施する。

平成24年度までの研究成果を基にした、平成25年度の主要な研究開発内容を以下に示す。

- ・ D L C技術と成形3 Dシミュレーション技術を活用した金型の高精度化・高機能化及び低コスト化
- ・ D L C技術と成形3 Dシミュレーション技術を活用した高度化及びブロック化による金型の高寿命化
- ・ 成形3 Dシミュレーション技術を活用した異形ばね線材の機能改善
- ・ 高速複合生産加工ラインシステムの改善
- ・ 改良した大型ばね式フィルターを用いた、縦装着式ろ過実験装置、横装着式ろ過実験装置の高機能化
- ・ 河川や湖沼等の放射性セシウム除去に対応可能な可搬式放射性物質除去用ろ過実験装置の試作と実用性の実証試験
- ・ 縦装着式ろ過実験装置、横装着式ろ過実験装置を用いた検証実験結果の検討による異形ばね線材の改良

【プロジェクトの管理・運営】

(実施：公益財団法人千葉県産業振興センター)

- ・ 事業管理機関：公益財団法人千葉県産業振興センターにおいて、本プロジェクトの管理を行う。
- ・ プロジェクトの研究過程と成果について取りまとめ、成果報告書1部及び電子媒体（C D－ROM）1式を作成する。
- ・ 研究の進捗状況を管理するとともに、研究実施で発生する課題等について、随時研究実施者と調整を行う。
- ・ 再委託先事業者が作成する証憑書類について、指導及び確認を行う。
- ・ 研究開発推進委員会を委託契約期間内に数回程度開催する。

4) 所在地

①事業管理機関

公益財団法人千葉県産業振興センター

新事業支援部 産学連携推進室

〒273-0864 船橋市北本町 1-17-25 ベンチャープラザ船橋 1 階

②研究実施場所（主たる研究実施場所については、下線表記。）

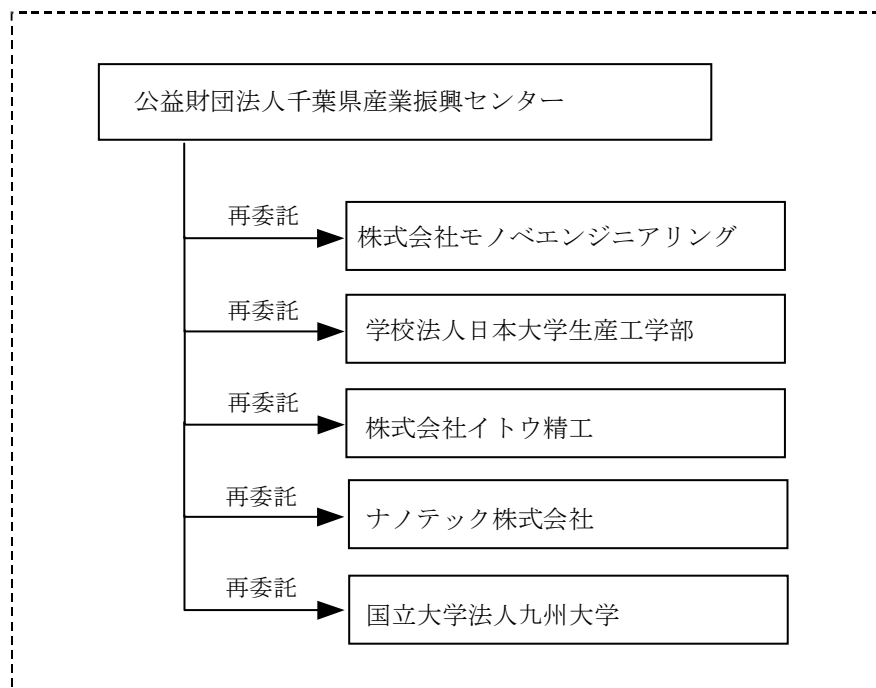
株式会社モノベエンジニアリング

〒262-0042 千葉県千葉市花見川区花島町 149 番

1－2 研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）

（1）研究組織及び管理体制

研究組織（全体）



*平成23年度は、図に示されていないが JFE テクノリサーチ株式会社が参画した。

*学校法人日本大学生産工学部は平成23～24年度に参画した。

*国立大学法人九州大学は平成24～25年度に参画した。

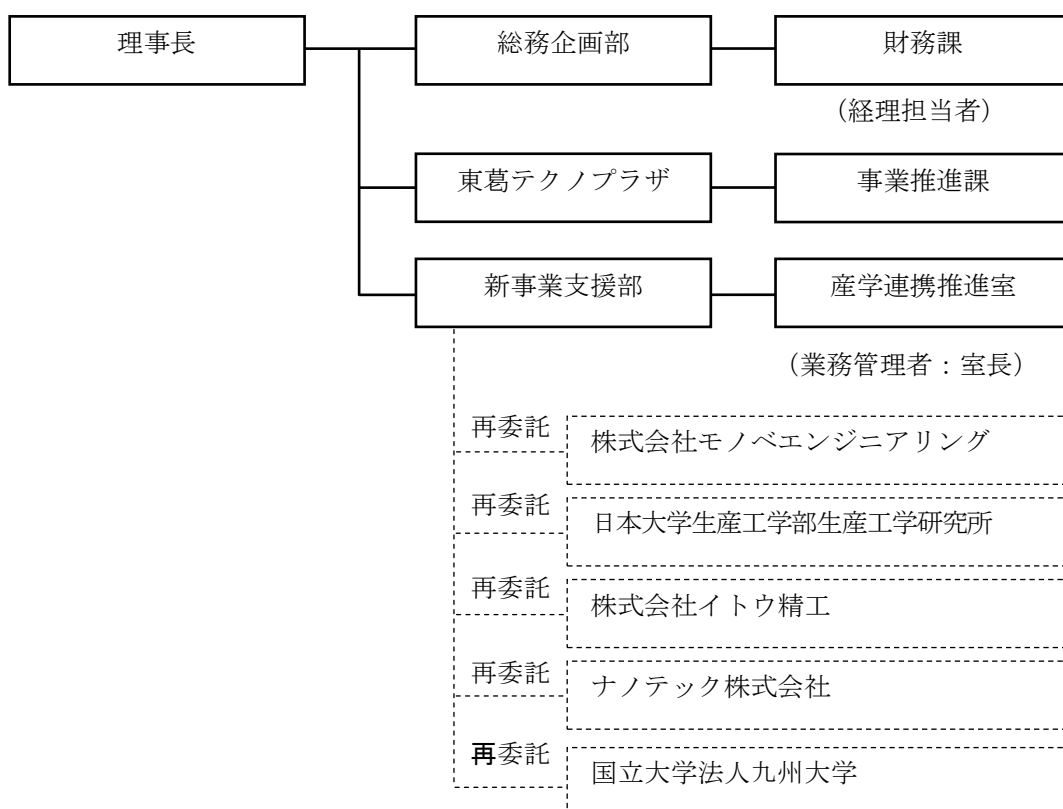
総括研究代表者（P L）
株式会社モノベエンジニアリング
代表取締役 物部 長順

平成25年度：副総括研究代表者（S L）
国立大学法人九州大学
大学院工学研究院海洋システム工学部門
教授 篠田 岳思

平成23～24年度：副総括研究代表者（S L）
学校法人日本大学生産工学部
教授 高橋 進

①事業管理機関

[公益財団法人千葉県産業振興センター]



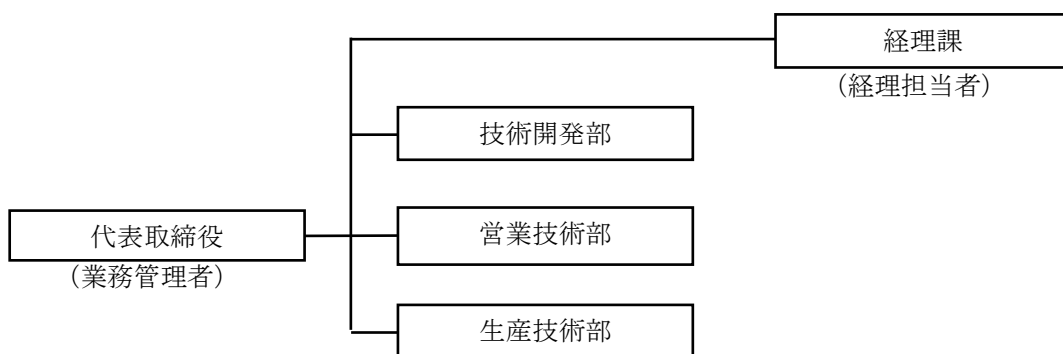
*平成23年度は、図に示されていないが JFE テクノリサーチ株式会社が参画した。

*学校法人日本大学生産工学部は平成23～24年度に参画した。

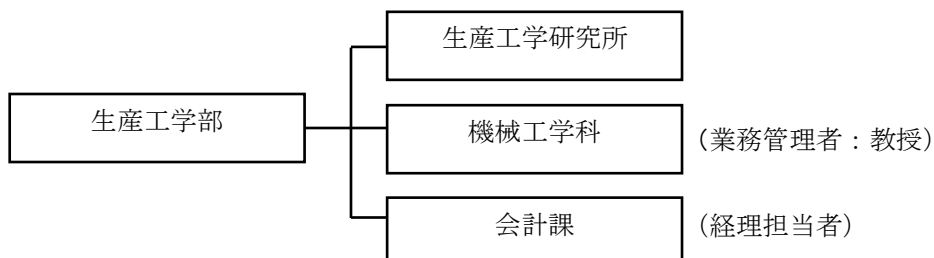
*国立大学法人九州大学は平成24～25年度に参画した。

② 再委託先

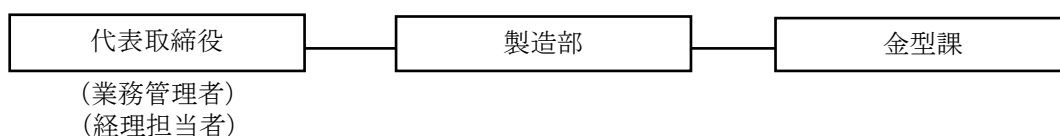
[株式会社モノベエンジニアリング]



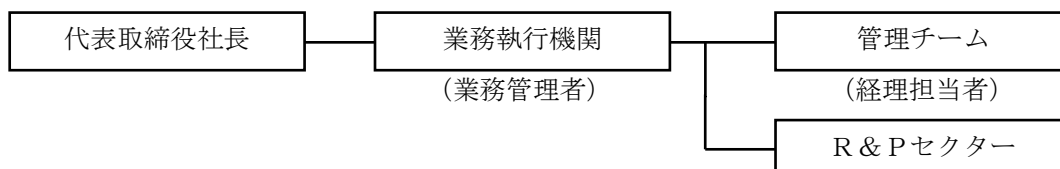
[日本大学生産工学部生産工学研究所]



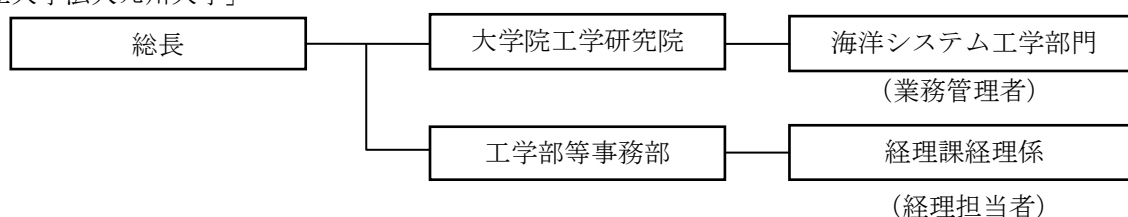
[株式会社イトウ精工]



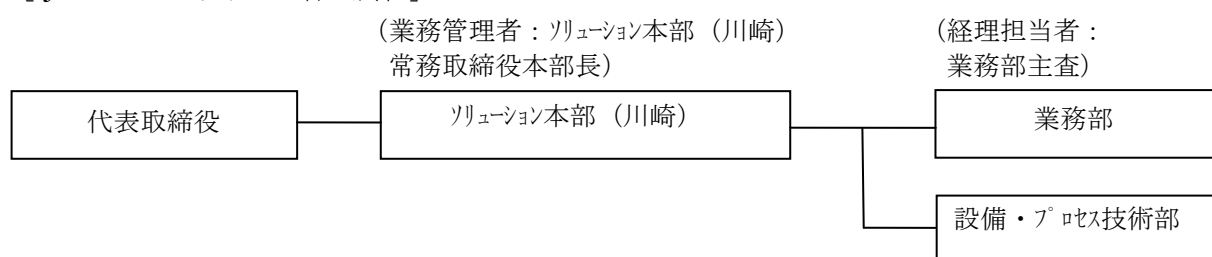
[ナノテック株式会社]



[国立大学法人九州大学]



[JFEテクノリサーチ株式会社]



(2) 研究員及びプロジェクト管理員（実施内容(番号)は1-1(2)項参照)

【事業管理者】公益財団法人千葉県産業振興センター

①管理員

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
富岡 登	新事業支援部 産学連携推進室・研究開発コーディネーター	⑥
中島 まどか	同上・専任主事	⑥
伊藤 譲	同上・チーフ研究開発コーディネーター	⑥
齊藤 重光	同上・副室長	⑥
白井 良美	同上・副室長	⑥
西海 みどり	同上・専任主事	⑥

【再委託先】

①研究員

a. 株式会社モノベエンジニアリング

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
物部 長順	代表取締役	① ② ③ ④ ⑤
加藤 耕一	専務取締役 技術開発部長	① ② ③ ④ ⑤
物部 長智	常務取締役 営業技術部長	① ② ③ ④ ⑤
杉田 悟	生産技術部 技師	① ② ③ ④ ⑤

星野 勝美	技術開発部 技師	① ② ③ ④ ⑤
中原 久直	技術開発部 顧問 (H24～H25)	① ② ③ ④ ⑤
岩下 さやか	技術開発部	① ② ③ ④ ⑤

b. 学校法人日本大学生産工学部 (H23～H24)

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
高橋 進	機械工学科 教授	① ② ③ ⑤

c. 株式会社イトウ精工

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
伊藤 正昭	代表取締役	① ② ⑤
斎藤 敏行	製造部 金型課 技術主任	① ② ⑤
奥村 太樹	製造部 金型課 製造主任	① ② ⑤
原田 信光	製造部 (H23 のみ)	①
長谷川 博次	製造部 (H23 のみ)	①

d. ナノテック株式会社

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
平塚 傑工	R&P セクター 次長補佐	②
田中 章浩	R&P セクター	②
(他 4 名)		

e. 国立大学法人九州大学 (H24～H25)

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
篠田 岳思	大学院工学研究院 海洋システム工学部門 教授	⑤

f. JFE テクノリサーチ株式会社 (H23 のみ)

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
(1 名)		②④

(3) 他からの指導・協力者

表 1-2-1 に示す委員、アドバイザー（指導・協力者）が参加する委員会を適宜開催した。

表 1-2-1 研究開発推進委員会 委員

氏名	所属・役職	備考
物部 長順	株式会社モノベエンジニアリング 代表取締役	PL
高橋 進	学校法人日本大学生産工学部 機械工学科 教授 (H23～H24)	SL (H23～H24)
篠田 岳思	国立大学法人九州大学 大学院工学研究院海洋システム工学部門・教授 (H24～H25)	SL (H25)
加藤 耕一	株式会社モノベエンジニアリング 専務取締役 技術開発部長	
物部 長智	株式会社モノベエンジニアリング 常務取締役 営業技術部長	
中原 久直	株式会社モノベエンジニアリング 技術開発部 顧問 (H23: JFE テクノリサーチ(株))	
伊藤 正昭	株式会社イトウ精工 代表取締役	

斎藤 敏行	株式会社イトウ精工 製造部 金型課 技術主任	
奥村 太樹	株式会社イトウ精工 製造部 金型課 製造主任	
平塚 傑工	ナノテック株式会社 R&P セクター 次長補佐	
松山 隼也	公益財団法人千葉市産業振興財団 コーディネーター	アドバイザー
小澤 進	株式会社東洋製作所 技監	アドバイザー
清原 正邦	エフメック有限会社 顧問	アドバイザー

(注) P L : Project Leader、S L : Sub Leader

1-3 成果概要

(1) プロジェクトの達成状況

- ・ 当初の事業計画に於ける履行状況
 - ①研究内容の変更無く計画通り行わた。
 - ②H23 は、「高速複合生産加工ラインシステム」を構築し、H24, H25 はその改良を行った。
 - ③H24 は、「縦並びに横装着式ろ過実験装置」を試作しそのろ過性能を確認した。
 - ④H25 は、「縦並びに横装着式ろ過実験装置」の改良及び「可搬式放射性物質除去ろ過実験装置」を試作し、そのろ過性能を確認した。
 - ⑤委託費は設備等に適正に使用されており問題はない。
- ・ 目標の達成度
 - ①大型ばね式フィルターの製作に必要な「高速複合生産加工ラインシステム」の構築が完了し、ほぼ計画通りに低コスト化が図られた。
 - ②H24 は、「縦並びに横装着式ろ過実験装置」を試作しそのろ過性能を確認した。
 - ③「縦並びに横装着式ろ過実験装置」の改良及び「可搬式放射性物質除去ろ過実験装置」試作が完了し、予定していたろ過性能が得られることが確認された。
 - ④D L C技術による金型の高度化は一定の成果が得られた。ライフテストでは剥離が認められたが金型寿命は向上しており、当初目標はほぼ達成した。更に改善を継続する。
 - ⑤研究開発で得られた成果（バブリング洗浄等に関する）から、合計 3 件特許申請した。
- ・ 実施体制
 - ①研究開発体制は問題なく、共有化された情報をもとに効率良く研究開発がなされた。
 - ②参画機関である日本大学生産工学部生産工学研究所が、H25 年 4 月から参加しないこととなった。これに伴い、副総括研究代表者（S L）は、国立大学法人九州大学 篠田岳思教授が担当した。
 - ③研究者は皆エキスパートで体制は十分であった。
 - ④船舶用浄化装置等に関しては、国立大学法人九州大学及び外部専門家からのアドバイスに柔軟に取り組んでいる。これらにより、ユーザー側からの情報を大切にし、技術の動向や市場ニーズに対応した適切な研究を行った。
- ・ 事業管理機関の事業の運営努力
 - ①研究実施機関は常に連絡を取り合い、事業管理機関を含めた意思の疎通を図った。
 - ②研究実施機関同士及び事業管理機関は、互いに良好な関係で機能を果たした。

(2) サブテーマ毎の成果の概要

平成 23 年度の研究開発の実施状況（研究成果）は下表のとおりである。

研究課題	研究目標	研究成果
------	------	------

①ー１ 金型の長寿命化と生産性の向上	金型寿命及び生産性を従来比率５０倍を目指す。 従来約１時間で破損、これを５０時間以上とする。	シミュレーションによるテスト金型を製作、これを基に技術検討を重ね、現在金型製作に取り組んでいる。
①ー２ 金型の高度化による製品の低価格化	従来の製造方式ではフィルター価格は１本当たり３０万円程度となる。 これを１／５（６万円）にする事が目標である。	現在金型及び試作加工ラインを製作中であり、机上の構想を基としている。
②ー１ ＤＬＣ技術による金型の高度化及びブロック化	模擬金型を作成しＤＬＣ被膜処理を行い、耐久テストを行う。	模擬テスト進行中、スクラッチテストを行い金型完了後、即応する準備を整える。
②ー２ ＤＬＣ技術による低オイル化	模擬金型にＤＬＣ処理を行い、低摩擦による低オイル化を図る。減量率８０％を目指す。	模擬金型にＤＬＣ表面処理を行い、低摩擦、低オイル化の実験を行い、ライン完成後、即実験の体制を整える。
③ー１ シミュレーション技術の活用	金型の耐久力を従来加工方式の５０倍以上を目指し研究を進めている。	金型の設計製作にシミュレーション技術を活用、摩擦、欠損、欠肉の状況を把握し金型の高度化を目指す。
③ー２ 最適生産方式の設定	金型の構成研究により金型メンテナンス時間を従来の１／１０程度（約２０分）に短縮する。	金型設計にシミュレーション結果を用い、成型金型の構成を検討し金型分割方法を取り入れる。
④ 高速複合生産加工ラインシステムの構築	・６０ｔサーボプレス改良 ・ばね線材矯正機 ・プレス金型 ・送り、引き出し装置 ・線材供給装置 ・超高精度検査装置 ・トラバース付巻取装置	機械メーカーに各要素の製作を指示した。現在、設計も終え製作中。１月中期、各メーカーより納入の予定である。

＊ 特許出願１件（特開 2013-184151，出願日：2012/3/18，発明の名称：フィルターエレメント及びこれを用いたろ過装置）

＊ 新聞１件（日本経済新聞「ばね式フィルター安価に」（H24.4.12））

平成 24 年度の研究開発の実施状況（研究成果）は下表のとおりである。

研究課題	研究目標	研究成果
①サーボプレスを活用した高精度化・高機能化技術の開発 ①ー１ 金型の長寿命化と生産性の向上 ①ー２ 金型の高度化による製品の低価格化	①ー１ 金型の長寿命化と生産性の向上 ①ー２ 金型の高度化による製品の低価格化⇒１／５（最終年度までに） （②～⑤の 24 年度研究目標を着実に実施）	・異形ばね線材形状改善、金型改善により高度化を図った。 ・⑤-⑤でシミュレートしたばね素線形状等を検討した。 （②～⑤の研究達成度を総合した達成値）
②高機能 DLC 処理によるプレス金型の高寿命化・環境配慮技術の開発 ②ー１ DLC 技術による金型の高度化及びブロック化 ②ー２ DLC 技術による低オイル化	②ー１ DLC 技術による金型の高度化及びブロック化（２ラインの合計 30 万回以上のライフテスト） ②ー２ DLC 技術による低オイル化（減量率 1／50）	・ばね用金型にかかる力学的負荷を検討した（シミュレーション等）。 ・シミュレーションを基に製作した金型のライフテスト結果から、8 万回／１ラインの耐久性が確認された。 ・ばね用金型での低オイル化達成（1／50）。
③プレス成形シミュレーション技術の開発 ③ー１ 3D シミュレーション技術の活用 ③ー２ 最適生産方式の	③ー１ 3D シミュレーション技術の活用（成形荷重の 50％軽減） ③ー２ 最適生産方式の設定（金型分割方法の提案）	・３次元シミュレーション技術を活用し、低加圧加工及び低摩擦構造の金型形状を評価した（成形荷重の 53％軽減）。 ・金型の割れや摩擦、長寿命化を考慮した金型分割方法をシミュレートした。

設定		・シミュレーション結果に基づき、板状ブロック金型とその差込固定方式を完成した。
④高速複合生産加工ラインシステムの構築 ④-1 ばね線材塑性プレス加工ラインの改善 ④-2 不動態化処理槽の改造 ④-3 精密中温熱処理機の改造	④-1 ばね線材塑性プレス加工ラインの改善(製造ラインの完成度向上) ④-2 不動態化処理槽の改造(気泡による洗浄性能の向上) ④-3 精密中温熱処理機の改造(乾燥性能の向上)	・高精度制御装置を作製した。 ・気泡発生装置を改良した。大型コイルばねを用いた検証により、気泡が均等となり洗浄性が向上することを確認した。 ・熱風吹出し口、及び装着棚板の改善による熱風分散状態の改善を検証した(熱処理均一性向上、熱処理時間の短縮(2/3))。
⑤実製品の試作による低コスト化及び性能の検証(その1/3) ⑤-1 大型ばね式フィルターの試作品の製作 ⑤-2 組立部品類の構造変更 ⑤-3 大型ばね式フィルターろ過実験装置の開発	⑤-1 大型ばね式フィルターの試作品の製作(巻き治具開発) ⑤-2 組立部品類の構造変更(芯金改造により40%コスト削減) ⑤-3 大型ばね式フィルターろ過実験装置の開発(縦装着式装置1台及び横装着式装置1台の試作)	・巻き治具を開発した。 ・芯金取付け金具部品点数と部品価格低減を達成(60%削減)。 ・縦装着式装置(モノベに設置)、横装着式装置(九大に設置)の性能評価実施。
⑤(その2/3) ⑤-4 ろ過実験	⑤-4 ろ過実験(試作品の評価)	・小、中型横型装置を用いて設計に必要な模擬試験を実施(100%) ・横および縦装着式装置試作品の性能実験を実施し(淡水、酸性水、海水)、最適角度を15~30°とした。(100%) ・横装着式大型ろ過装置試作品の現地海水を用いた性能実験を予定(九大)
⑤(その3/3) ⑤-5 異形ばね線材の高機能化の研究	⑤-5 異形ばね線材の高機能化の研究(H25計画に向けたばね線材の形状各種試験を実施)	・ばね線材の形状検討(H25 ばね線材金型の改善の方針決定) ・試作機を用いたろ過実験の結果に基づいてろ過状態を分析(全部の評価結果取得)

* 特許出願 1 件 (出願番号: 2012-276297, 出願日: 2012/12/18, 発明の名称: フィルターエレメント)

* 新聞 1 件 (日刊工業新聞「毎時 10t を濾過処理」(H25. 1. 9))

平成 25 年度の研究開発の実施状況(研究成果)は下表のとおりである。

研究課題	研究目標	研究成果
①サーボプレスを活用した高精度化・高機能化技術の開発	①-1 金型の長寿命化と生産性の向上 ⇒更なる高度化 ①-2 金型の高度化による製品の低価格化 ⇒1/5 (最終年度に) (②~⑤の 25 年度研究目標を着実に実施)	①-1 ⇒異形ばね線材形状改善、金型改善により高度化を図った ・金型最適形状について、シミュレーションにより高度化を図った ①-2 ②~⑤の研究達成度を総合した値 ⇒1/5を達成 (プレス金型の貢献、~80%, プレス加工ラインの貢献、~90%, 取付金具考案の貢献 ~240%など) * 製造原価改善前 30 万円→改善後 6 万円
②高機能 DLC 処理によるプレス金型の高寿命化・環境配慮技術の開発	②-1 金型の DLC 技術による高度化及びブロック化 ⇒DLC の被膜層の改善 ⇒15 万回/1 ラインの耐久性	②-1 ・DLC の被膜層の改善のために、被膜性能テスト(スクラッチテスト)による評価方法を確立 ⇒DLC の膜構成を中間層を含め 3 層構成とし検討(目標の 90%) ⇒試作金型のライフテスト結果から、15 万回/1 ラインの耐久性が確認された。(ライフテスト目標の 100%) *しかし、4 万回頃より DLC の剥離傷の現象が確認された

③プレス成形シミュレーション技術の開発	③-1 3D成型シミュレーション技術の活用 ⇒低加圧加工・低摩擦構造の形状の取得	③-1 ⇒2次元シミュレーション技術を活用し、低加圧加工及び低摩擦構造の金型形状を評価（3D シミュレーションを踏まえている形状） ⇒金型の割れや摩擦に対処、長寿命化とメンテ作業の軽減を考慮した金型分割方法をシミュレート
④高速複合生産加工ラインシステムの構築	④-1 ばね線材塑性プレス加工ラインの改良 ⇒安定稼働時間 3 倍以上	④-1 ・線送り装置部の衝撃吸収等の改良 ・線材の突起箇所ホルド部位の形状と計測部の振動防止装置の改善 ⇒安定稼働時間 3 倍増を達成
⑤実製品の試作による低コスト化及び性能の検証	⑤-1 ろ過実験装置 ⑤-2 異形ばね線材の改良 ⇒ろ過効率や逆洗浄性の向上 ⇒強度不足の改善	⑤-1 ・各装置の改良、製作完了 ⇒縦装着式（モノベに設置）及び横装着式（九大に設置）大型ばね式フィルタろ過装置の水運転評価結果は良好 ＊縦装着式及び横装着式（現地海水）の性能実験 26 年 2 月末に終了予定。 ⇒放射能汚染除去用大型ばね式フィルタろ過実験装置の現地実証実験（12 月に評価完了） ⑤-2 ・従来素線径 $\phi 1.8\text{mm}$ を $\phi 2.0\text{mm}$ 、突起部の接触面が 2.7 倍に （①-2 にてばね線材形状は説明済み） ⇒逆洗時のばね形状復帰が良好 （座屈解消：ろ過精度向上） ⇒強度不足が改善（20%増） ・ばね巻き時の不具合解消 ⇒巻線時の摩耗、突起高さが安定

- * 特許出願 1 件（出願番号：出願番号：2013-257336、出願日：2013/12/12、発明の名称：回転子、これを備える攪拌装置及び微細気泡発生装置、並びに微細気泡発生装置を用いた濾過システム）
- * 新聞 1 件（平成 25 年 12 月 17 日、産経新聞「バブリング装置特許 千葉市の製造業出願」）

1-4 当該研究開発の連絡窓口

（1）研究者

- ・ 所 属：株式会社モノベエンジニアリング
- ・ 役職・氏名：代表取締役 物部 長順
- ・ 連絡先：TEL:043-257-2789 FAX:043- 257-6556
E-mail info@monobe.co.jp

（2）事業管理者

- ・ 所 属：公益財団法人千葉県産業振興センター
- ・ 役職・氏名：研究開発コーディネーター 富岡 登
- ・ 連絡先：TEL:047-426-9200 FAX:047-426-9044
E-mail sangaku@ccjc-net.or.jp

第2章 本 論（研究開発の詳細）

平成25年度（最終年度）の「メンテナンスフリー大型ばね式フィルターの製造技術の研究開発」は、図2-1に示すプロジェクト体制図と研究開発概要に基づいて実施された。（日本大学は、平成23年度及び平成24年度にSL及び研究員として参加した。また、図に示されていないが、平成23年度は、JFEテクノリサーチ株式会社が参画していた。国立大学法人九州大学は平成24年度及び平成25年度に参画した。）

1. プロジェクトの実施体制及び研究開発概要

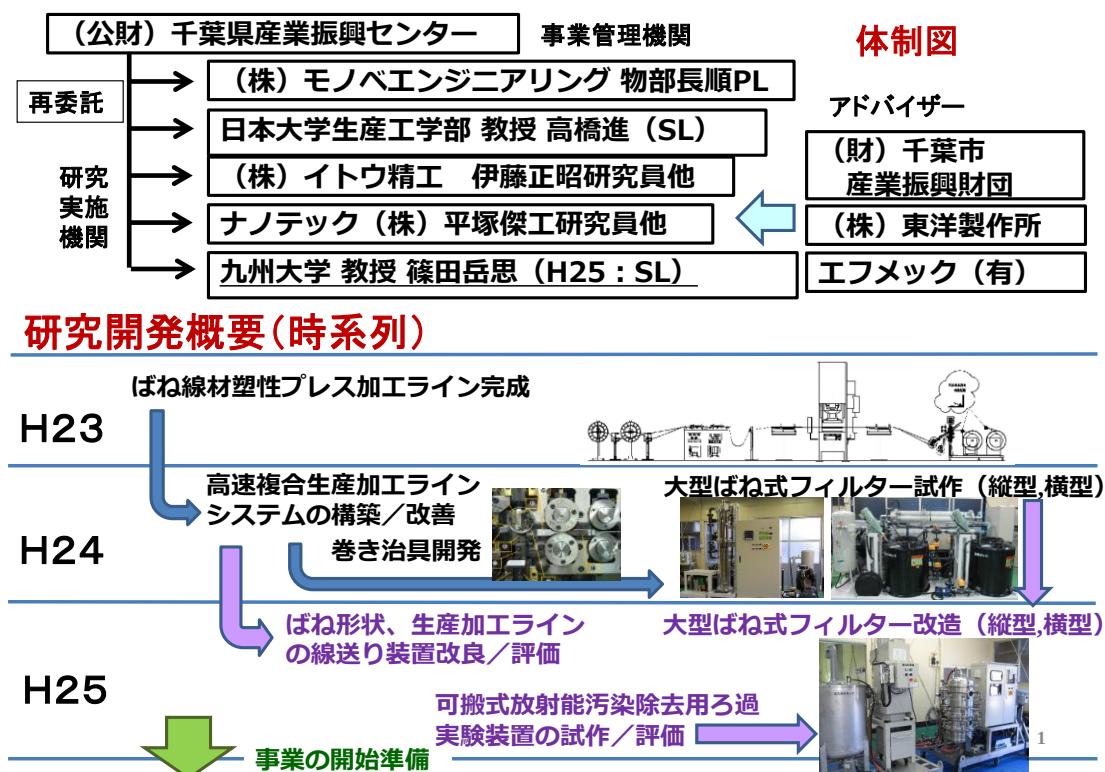


図2-1 プロジェクト体制図と研究開発概要

2-1 サーボプレスを活用した高精度化・高機能化技術の開発

サブテーマ①-1 金型の長寿命化と生産性の向上

サブテーマ①-2 金型の高度化による製品の低価格化

(1) 研究開発の概要

サブテーマ①-1「金型の長寿命化と生産性の向上」では、更なる高度化を目標とし、異形ばね線材形状改善、金型改善により高度化を図った。具体的には、金型最適形状をシミュレーションにより高度化を図った。

サブテーマ①-2「金型の高度化による製品の低価格化」（目標値：1/5 最終年度に）では、サブテーマ②～⑤の平成25年度研究目標を着実に実施することであり、その目標を達成することが出来た。具体的には、②～⑤の研究達成度を総合した値から、1/5を達成していることが計算により確認出来た（*製造原価改善前30万円⇒改善後6万円）

今後の対策：金型の長寿命化については、DLC技術の改善を継続して行う。（シミュレーションによるプレス荷重の軽減の最適化によるばね線材の形状改善と金型治具の改良、又極少潤滑油膜の採用で最重要課題の金型の長寿命化はほぼ達成している）

(2) 研究開発の詳細

【サブテーマ①-1 金型の長寿命化と生産性の向上】

平成24年度に作製した異形ばね線材を製造する過程に於いて更なる高品質かつ高生産のプロセスを確立すべく各種検討を行った。また、③-1で考案される高機能異形ばね線材の成形技術（素線形状及び金型形状等）についても検討を行った。

その結果、シミュレーションを応用し、金型に過度の負荷の掛からないプレス成型形状と成形条件を導き出し金型の破損回避を目指し、図の如き形状に到達した（図2-1-1）。

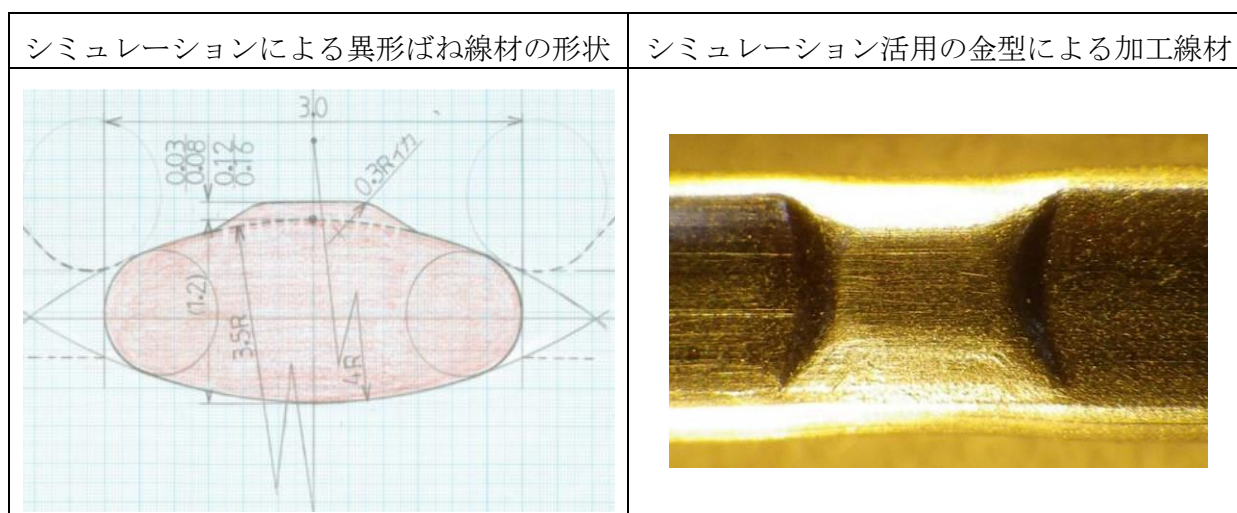


図2-1-1 シミュレーション技術による異形ばね線材の形状改善化

【サブテーマ①-2 金型の高度化による製品の低価格化】

異形ばね線材の形状の改善により高機能異形ばね線材加工用の金型の高度化を図った。

具体的には、平成 25 年度開発のばね式フィルター用異型線材は、厚さ、幅共に寸法が増大する事でばね強度を、約 20%上昇せしめた。これによりばね式フィルターの座屈の問題が解消した。一方、素線径は $\phi 1.8\text{mm}$ が $\phi 2.0\text{mm}$ となり、材料の重量が約 0.6Kg (20%) 増大し、プレス加圧力も増大した。これにより、材料費は増大したが、ばね線材の形状改善により金型寿命が増強されプレス加工が連続して 15 万回を達成したので、低価格化に寄与している。

当初の目標は、DLC 技術の改善や成形シミュレーションなどを組み合わせた全体的な技術の改善により金型の長寿命化と生産性の向上を図り、ばね式フィルターのコスト低減 1 / 5 を達成するところにあった。

平成 24 年度 of 金型の DLC 技術による高度化及びブロック化研究成果に基づき、平成 25 年度は線材加工金型に処理する DLC コーティング及び金型形状の研究を継続した。シミュレーションによる金型の鍛圧部への荷重最適化を計ると共に DLC の被覆層の改善を行い、最良の成膜条件を導き出し、金型の高度化及びブロック化により金型への負荷低減を図った。図 2-2-2 は、金型への DLC 成膜実験を示す。金型の溝についているくぼみは、ばね線材の凸起部を形成するための付加の少ない形状とし、更に三層の DLC コーティングにより滑りを良くし、目標とした連続プレス回数を達成する良い結果を導びくことが出来た。



図 2-2-2 金型への DLC 成膜実験

その結果、平成 24 年度は、線材のプレス加工が連続して 8 万回であったのに対し、平成 25 年度には連続して 15 万回を達成した。金型の寿命が延びたこと、取り替え頻度の減少を達成できることから、大型ばね式フィルターの低価格化に寄与する。

図 2-2-3 は、連続 4 万回面打ち時の金型の DLC の状態を示す。図 2-2-4 は、連続 15 万回面打ち終了時の金型の DLC の状態を示す。

簡易実験での成果であるが、DLC 膜の剥離は 4 万回で発生し、15 万回では金型基材の軽微な損耗も認められた。しかし製品形状は 15 万回後も許容範囲にあり実製造用上は問題ないと判断出来た。

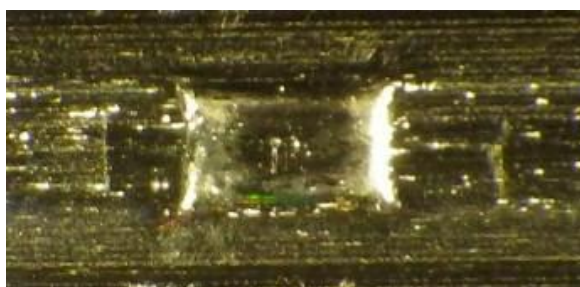


図 2-2-3 連続 4 万回面打ち時の金型の DLC の状態

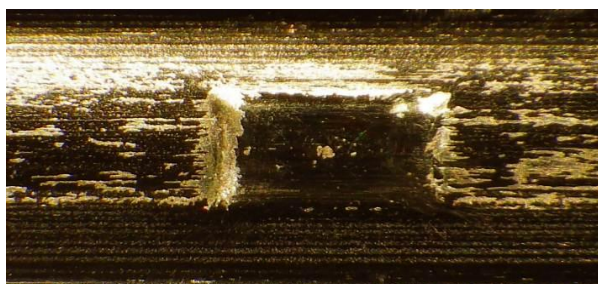


図 2-2-4 連続 15 万回面打ち終了時の金型の DLC の状態

連続プレス実験結果から、基材に対し中間層としてイオン化蒸着法による DLC を成膜し、その後最表層に高耐久性 DLC を成膜すること、また、異形ばね線材の形状の改善により高機能異形ばね線材加工用の金型の高度化を図り、これらにより金型の保護、低摩擦・低オイル化を達成することが出来た。

2-2 高機能DLC処理によるプレス金型の高寿命化・環境配慮技術の開発

サブテーマ②-1 DLC技術による金型の高度化及びブロック化

(1) 研究開発の概要

サブテーマ②-1「DLC技術による金型の高度化及びブロック化」では、1ライン15万回以上のライフテストを実施することとしていた。まず、ばね用金型にかかる力学的負荷をミュレーションにより検討し、この結果を踏まえてプレス金型形状に製作し、金型のライフテストを実行した。ライフテストの結果から、15万回/1ラインの耐久性が確認された（ライフテスト目標の100%）。

DLCの被膜層の改善のために、被膜性能テスト（スクラッチテスト）による評価を確立した。次に、DLCの膜構成について中間層を含め3層構成とし検討した。サブテーマ①-2で述べた様に、試作金型のライフテスト結果から、ばね線材の連続プレス実験では15万回/1ラインまでの耐久性を確認することが出来たが、一方、約4万回/ラインでDLCの破損が見られ始めた。

SUSを対象としたプレス加工へのDLC技術の適用には高いハードルがあるが、今後も継続して改善のための検討を進めていく。

(2) 研究開発の詳細

(2)-1 実験内容

DLCの成膜は以下のようなプロセスで行った。

- ①基材のアセトン洗浄
- ②プラズマによる前処理（ボンバード）
- ③中間層の成膜
- ④DLCの成膜
- ⑤高耐久性DLCの成膜

金型表面のDLCによる硬質化のため、以下の実験を行った。

実験1：高耐久性DLC層と通常DLCの2層化成膜条件の検討

実験2：中間層の検討

更に、金型とDLCの耐久性について比較検討するため、下記の条件にて成膜を行い、ボールスクラッチ試験機により剥離耐久寿命を測定した。

ボールスクラッチ試験は、テーブルの上に成膜した基板を置き、その基板の上にボールを密着させ、所定の荷重を加え、基板を一定の速度で移動させ耐久寿命を測定する。この時、AE（アコースティック・エミッション）センサーにより、基板に成膜されている薄膜の剥離やクラックに起因する破壊音を超音波として検出し、同時に摩擦力も検出することができる。

- ①セラミック中間層
 - ②金属中間層
- の2種類の処理を行った。

<成膜実験>

基材/中間層/DLC/高耐久性DLCの3層構造での成膜を行った。

<評価方法>

試験法としては、一定荷重の下で、基板上の同一箇所を20回摩擦し、ボール摩擦面をレーザー顕微鏡で観察する。はく離がなければ、基板上の異なる個所でさらに20回摩擦し、ボール摩擦面を観察する。このサイクルをボールにはく離が見つかるまで繰り返す。

<試験機：スクラッチ試験機>

試験片組み合わせ：DLCコーティング・ボール/ステンレス鋼板

DLCコーティング・ボール：中間層の異なる複層DLCコーティングボール2種類
 （基材はSUS304 ボール（Φ6））

ステンレス鋼板：（1）表面加工なし、熱処理なし
 （2）表面加工なし、焼鈍
 （3）表面鏡面仕上げ、焼鈍

ストローク：25mm

すべり速度：500mm/min

試験荷重：20N、50N、150N、200N

（2）－2 実験結果

セラミック中間層と金属中間層の2つの中間層について、ボールスクラッチ試験による耐久性評価を行った。その結果、金属中間層の方が、剥離耐久寿命が高く、密着性に優れているという結果が得られた（図2－2－1～4）。

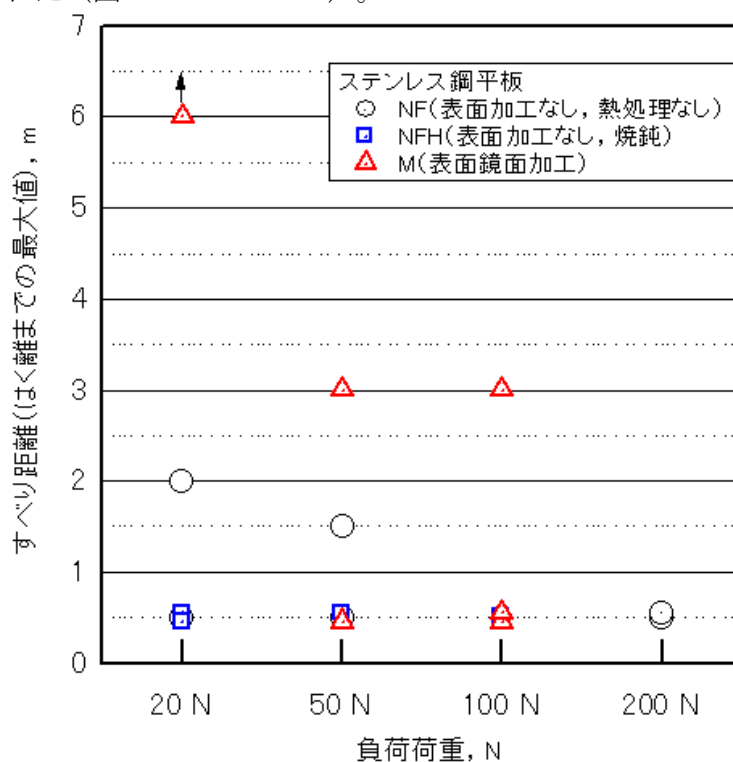


図2－2－1 セラミック中間層の場合

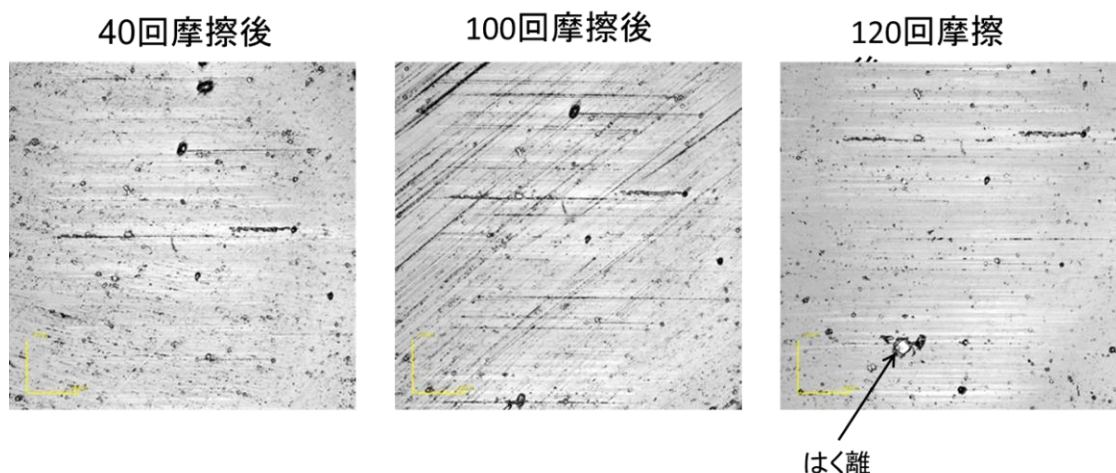


図2－2－2 セラミック中間層の場合のボール摩耗写真（50N, 油潤滑有）

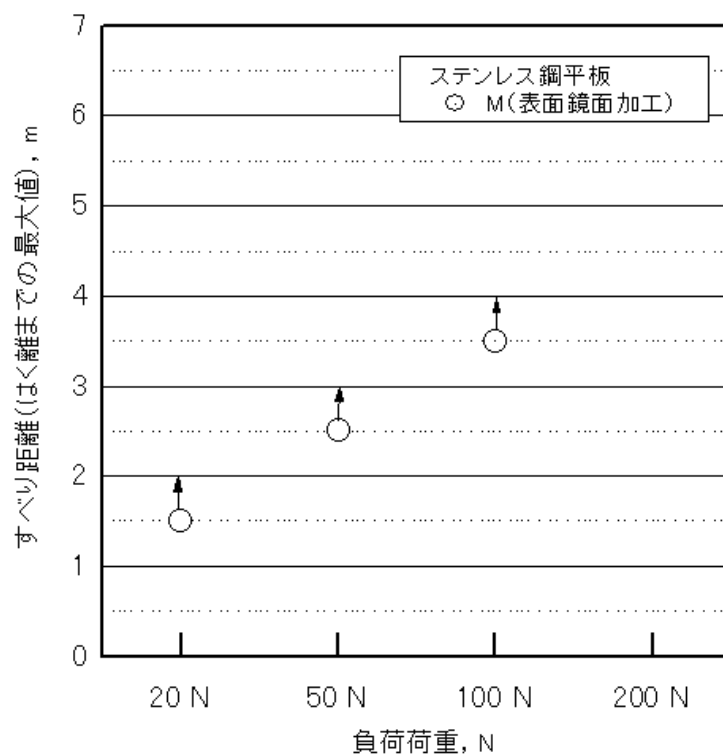


図 2-2-3 金属中間層の場合

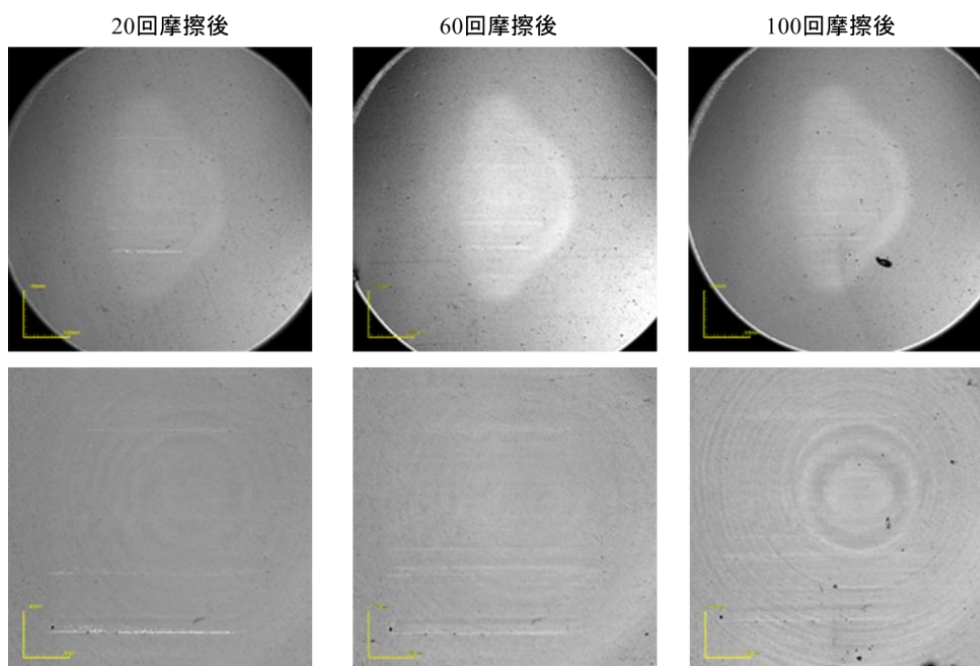


図 2-2-4 金属中間層の場合のボール摩耗写真 (50N, 油潤滑有)

2つの中間層について、ボールスクラッチ試験による耐久性評価を行った。その結果、金属中間層の方が、剥離耐久寿命が高く、密着性に優れているという結果が得られた。

また、サブテーマ①-2で述べた様に、試作金型のライフテスト結果から、15万回/1ラインの耐久性が確認された。

2-3 プレス成形シミュレーション技術の開発（平成24年度に実施）

（1）研究開発の概要

サブテーマ③-1「3Dシミュレーション技術の活用」では、プレス時の成形荷重を50%軽減が可能となることを目指した。まず、3次元シミュレーション技術を活用し、低加圧加工及び低摩擦構造の金型形状を評価した。また、金型の割れや摩擦、長寿命化を考慮した金型分割方法をシミュレートした。これらの検討の結果、「両サイド解放型」の金型を使用することで、プレス時の成形荷重を53%軽減できることが示された。

サブテーマ③-2「最適生産方式の設定」では、シミュレーション結果に基づき、板状ブロック金型とその差込固定方式を完成した。

（2）研究開発の詳細

【サブテーマ③-1 3Dシミュレーション技術の活用】

【サブテーマ③-2 最適生産方式の設定】

低加圧加工及び低摩擦構造の金型形状の開発を目指すこととした。3Dシミュレーション技術を用いた成型金型の構成を検討し、これにより応力集中による金型の割れや摩擦、長寿命化を考慮した金型分割方法を検討した。具体的な研究開発内容は、以下に記す。

成形方法の検討において、金型形状を含む成形条件を任意に変更可能で実際よりも検討時間が短くて済むシミュレーション技術は、研究開発の効率化のために有効である。本研究開発における線材への突起を高精度に成形するプロセスの検討では、鍛造工程に類似することから、バルク材の金型での成形のシミュレーションが可能な、解析ソフト DEFORM を適用した。円形断面のステンレス製線材に微小突起を成形する成形は、3次元の異形状の成形であるが、基礎検討段階では、検討期間の短縮を行うために、まずは2次元での解析を進め、確認で3次元解析をすることとした。

線材への突起成形では、鍛造の成形に類似していることから、冷間鍛造および熱間鍛造の成形プロセスをベースに検討を進めた。成形部品の評価としては、折れ込み傷等が無い成形方法とすると共に、金型寿命の観点から、金型に発生する応力を極力低減することにより金型の長寿命化を狙っている。

まずは、下型の検討では、一体の密閉成形金型の形状を基本形状とした。また、別の金型形状の候補として、金型の角部における応力集中を避けるために、角部を回避する分離型とした。また、熱間鍛造で自動社部品であるクランクシャフトや、コネクティングロット等を成形する時に活用する上下分離型を検討対象とした。上型については、ばねフィルターの突起成形部の提案形状を参考にモデル化を行なった。二次元成形シミュレーションでは、素材の軸に対して垂直の断面での平面歪の解析となるため、加工量の最も多い断面での解析とすることとした。

成形シミュレーションでは、金型断面形状を直線と円弧で表現する必要があり、成形品の断面形状を直線は開始と終点の座標、そして円弧は中心の座標と半径の大きさを計算した。解析としては、素材の変形解析と成形中の金型の応力解析を同時に行う連成解析を試みることにした。分離型については、金型間の弾性接触を考慮した境界条件を設定した。金型底面には、剛体変形を防止するために、固着条件を設定した。金型と素材モデルへの要素分割は、離散化に手間のかからないフリーメッシュ機能を使用して要素分割を行なった。材料特性としては、20℃での JIS-SUS316L の応力-ひずみ関係式を適用した。素材と金型間に発生する摩擦は、本成形の場合かなり高くなることから、板成形シミュレーションで適用されるクーロン摩擦でなく、高面圧の時の摩擦特性に適用可能な、せん断摩擦係数を適用することとした。せん断摩擦係数を適用するにあたり、素材と金型間の摩擦係数の検討を行なった。摩擦係数の計測では、リング圧縮試験を適用した。リング圧縮試験では、リング形状の試験片を平面の金型で上下から圧縮し、圧縮後の試験片の内径を計測し、試験前の内径と比較して内径変化率を求めた。実験と解析結果を比較することにより、摩擦係数を求めた。

成形解析前後の成形シミュレーションの成形前モデルを、図 2-3-1 に示す。また、成形終了時点の状態を図 2-3-2 に示す。図中の一体型及び分離型では、密閉での成形になるので、成形終了時点で高い圧力が金型に負荷されることが予想された。一方、上下分離型の成形終了時においては、上下金型間に隙間があることから、成形荷重の急激な上昇は避けられると思われる。

成形終了時点での金型内の応力分布を、図 2-3-2 に示した。同一の上型のストロークにおいて、上下分離型が、他の 2 種類の金型に比較して、発生する応力が低いことが分かる。したがって、上下分離型を適用することにより、他の金型と比較して長い金型寿命が期待できる。

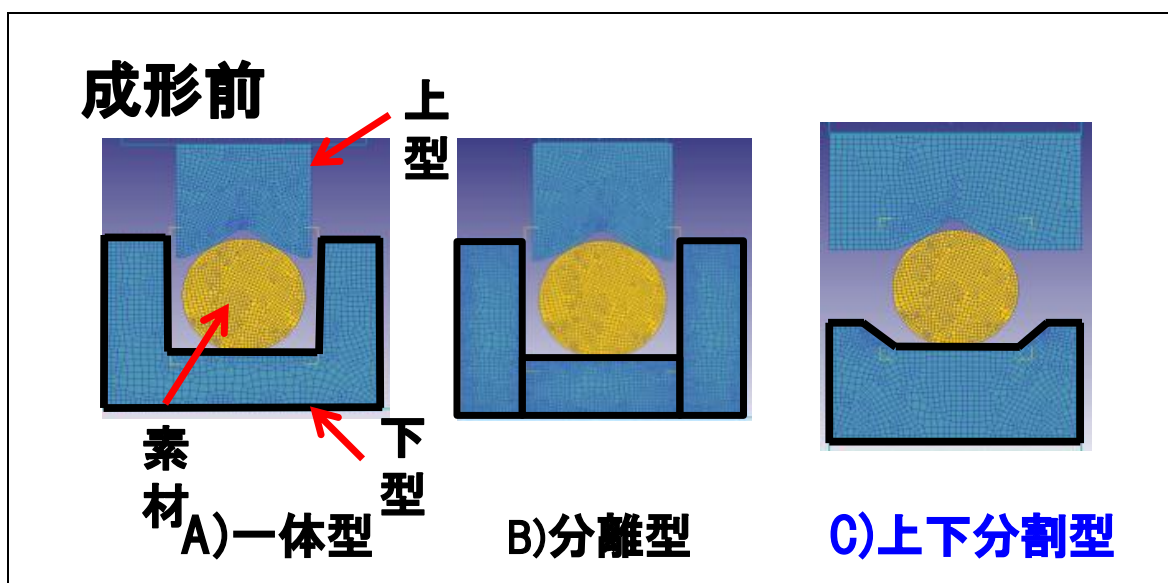


図 2-3-1 ばねフィルターの成形解析前モデル

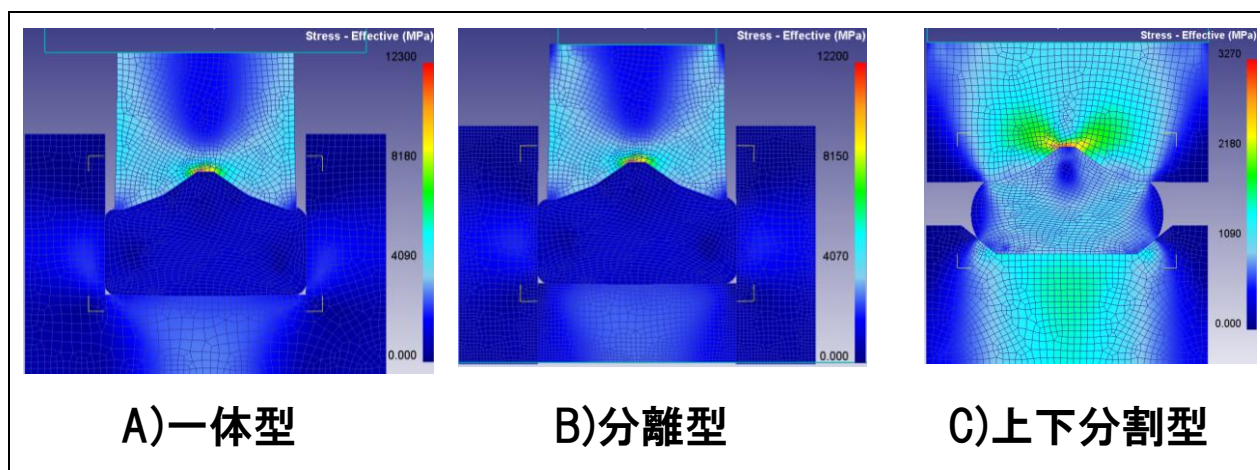


図 2-3-2 ばねフィルターの成形終了時点での金型内の応力分布

また、図 2-3-3 に、各金型における上型のストロークと加工荷重の関係を示す。各線図とも、加工初期および中期においては、金型の下降に伴って加工荷重が緩やかな上昇を見せているが、加工の終了近傍で、材料の移動の自由度が少なくなってくるので、加工荷重が上昇する。その中で、上下分離型は、他の金型と比較して荷重上昇のタイミングが遅れるために、大幅に低い成形荷重で成形が可能であることが分かる。

以上より、金型の候補が決定したので、3次元の形状でのシミュレーションを試みた。図 2-3-4 に、上下分離金型での 3次元シミュレーションによる、成形結果を示す。線材

のモデル中央部に、突起が成形されていることが分かる。図 2-3-5 に、3次元成形シミュレーションでの金型の応力分布を示す。金型の応力解析では、金型の突起成形部分で金型の許容引張強度より高い応力が解析された。金型および線材のモデルにおける要素の大きさに問題があると思われ、今後、強成形部分には、より細かい要素分割にして、解析結果の適正化を図ることとした。

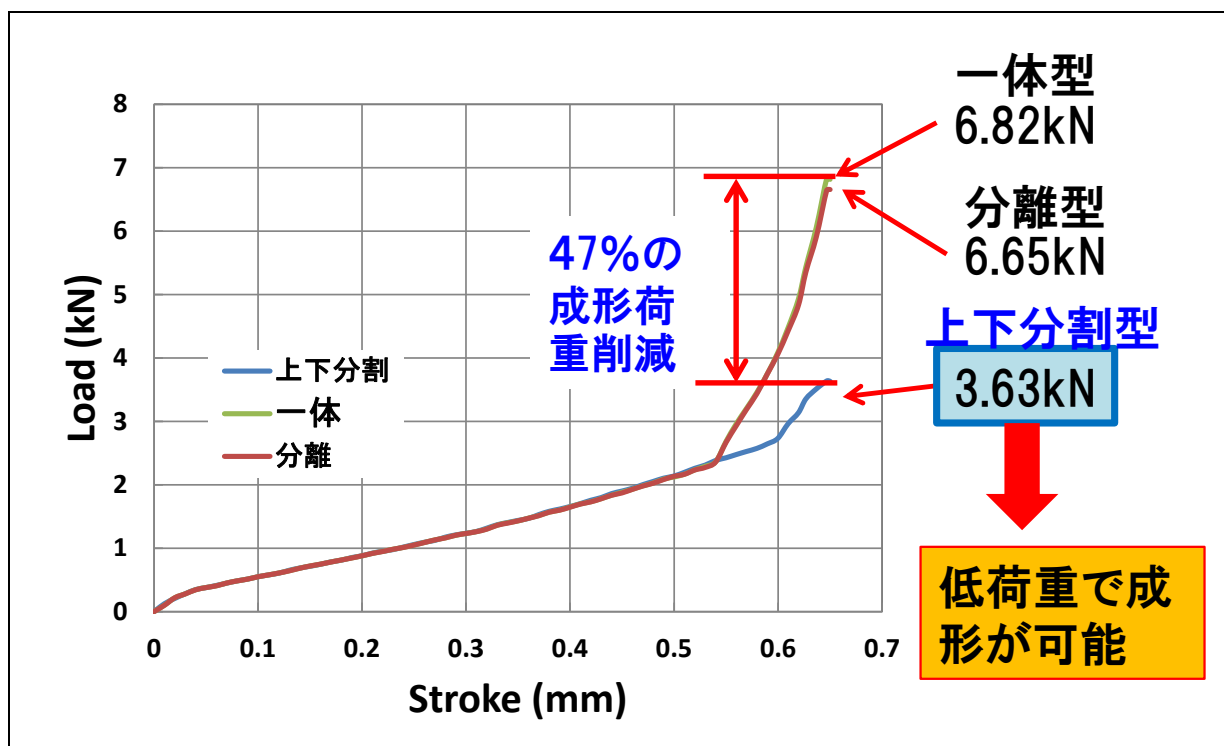


図 2-3-3 各金型における上型のストロークと加工荷重の関係

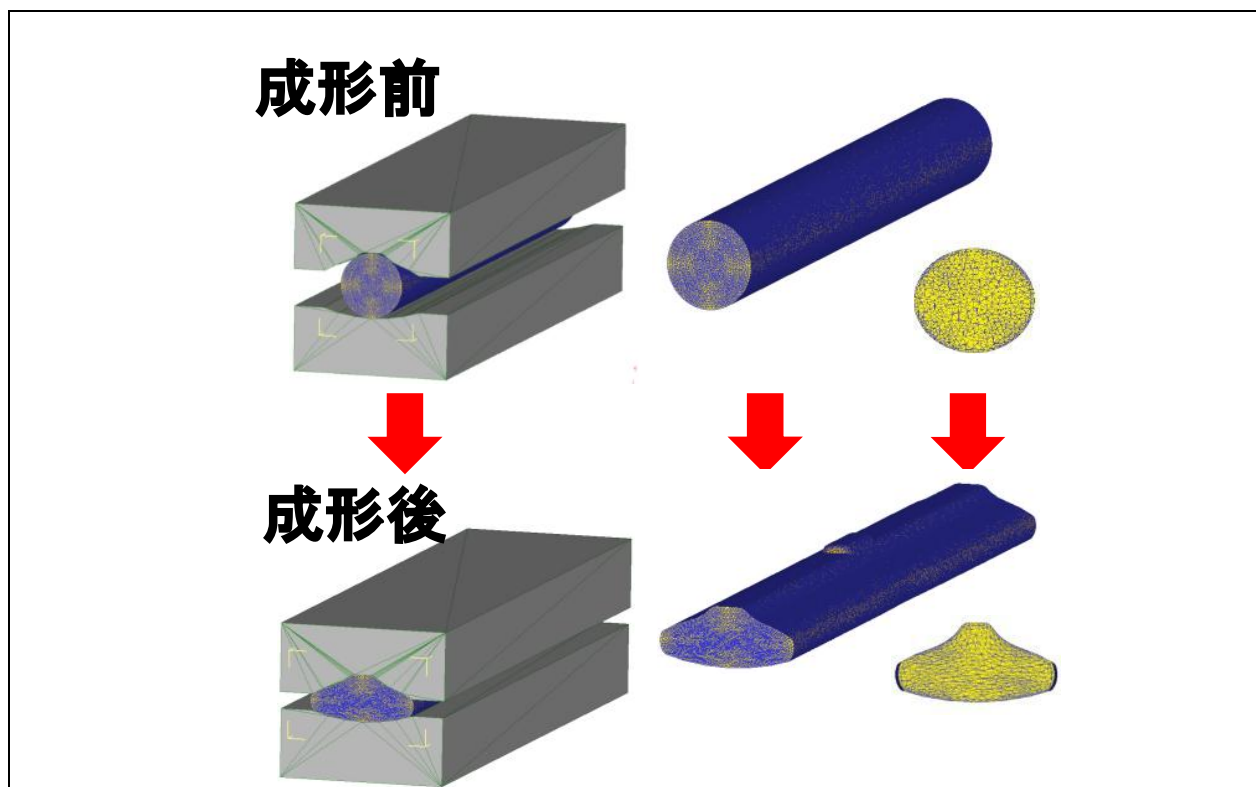


図 2-3-4 3次元成形シミュレーションでの成形前後のモデル

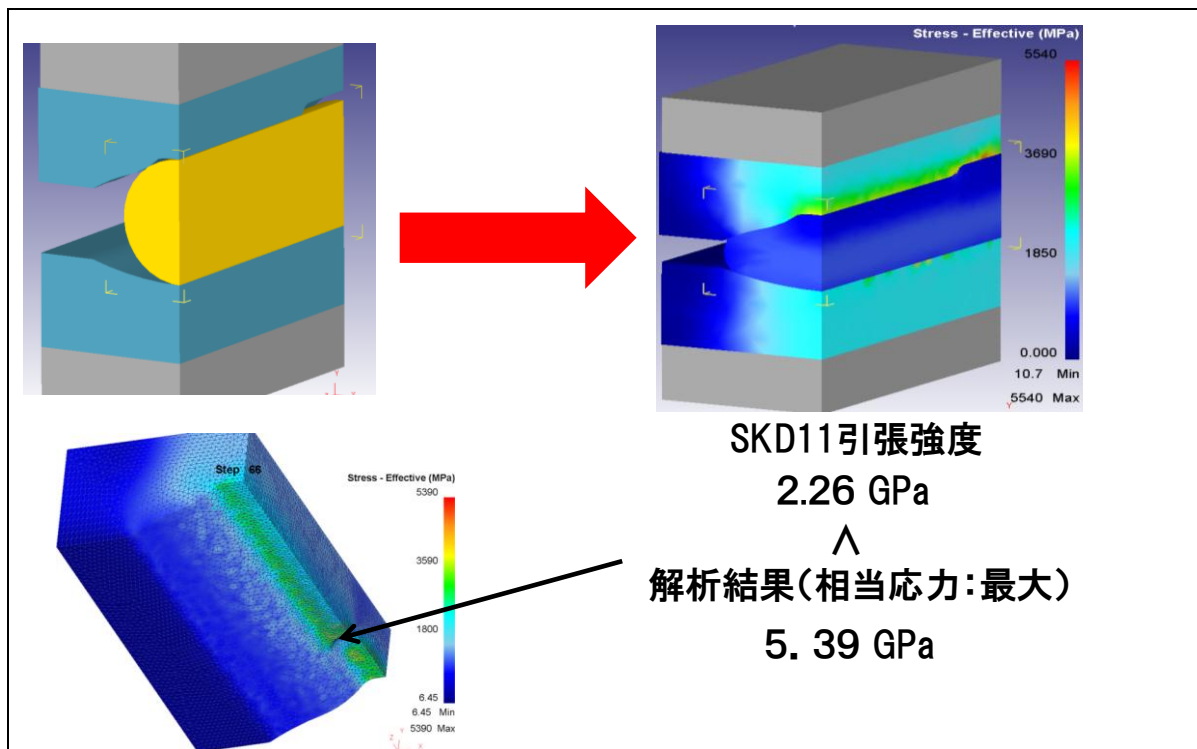


図 2 - 3 - 5 3次元成形シミュレーションでの金型の応力分布

2 - 3 プレス成形シミュレーション技術の開発 (平成 2 5 年度に実施)

サブテーマ③-1 3Dシミュレーション技術の活用

(1) 研究開発の概要

プレス時の面圧軽減が可能となる形状を目指した。まず、2次元シミュレーション技術を活用し、低加圧加工及び低摩擦構造の金型形状を評価(3Dシミュレーションを踏まえている形状)した。次に、金型の割れや摩擦に対処、長寿命化とメンテナンス作業の軽減を考慮した金型分割方法をシミュレートした。

具体的には、2次元シミュレーション技術を活用し、低加圧加工及び低摩擦構造の金型形状を評価(3Dシミュレーションを踏まえている形状)した。具体的には、金型寿命を律する面圧と滑り距離を関連付けて評価する方案を案出し、それを適用しシミュレーションで適正形状を設計する方法を提案した。また、DLC膜等表面処理の寿命について、汎用スクラッチテスターを用いて面圧と滑り距離からの評価法を提案した。

(2) 研究開発の詳細

<シミュレーションによる寿命最適形状設計>

金型の寿命予測は、金型設計における重要な要素である。本研究における金型寿命の目標は、15万回と多く、金型設計に関し成形シミュレーションを活用することとした。シミュレーション手法としては、素材の成形量が多く、成形後の弾性回復であるスプリングバックを考慮する必要がないことから、弾性変形を無視した剛塑性解析が可能な、DEFORM (SFTC 社製) を適用した。成形シミュレーションを適用した検討の効率化のために、3次元と2次元の解析の併用で検討を進めることとした。

基本的な解析条件として、金型材料はSKD11(圧縮耐力 2,300~2,700MPa)を用い表面にDLC処理を施すことを前提とした。フィルター部のばね線材はD=2mmの円柱状で、材質はSUS316Lとした。

まず、3次元解析により成形プロセスの確認を行い、寿命の評価に適した二次元断面の選択を行った。3次元解析での解析結果を図 2 - 3 - 6 に示した。解析断面は、成形量および金型

との接触後の滑り量が多いと考えられる突起中央部の断面とした。解析断面を、図 2-3-7 に示した。

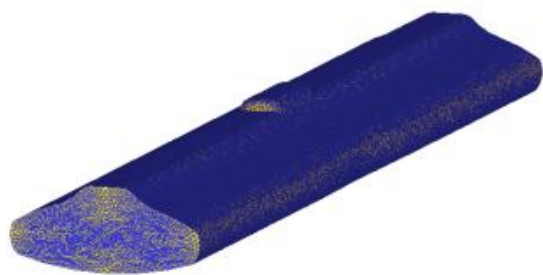


図 2-3-6 素材の成形シミュレーション結果

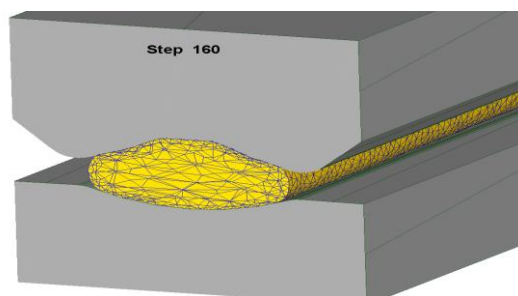


図 2-3-7 金型寿命評価断面

<理論的シミュレーション解析による寿命研究>

成形シミュレーションによる解析では、金型形状、材料特性、素材と金型間の摩擦の影響を評価した。検討した金型形状と材料特性を、図 2-3-8 および図 2-3-9 に示した。

金型形状図における a) 原案形状では、線材の軸と垂直方向の加工を多くしているが、素材の加工を極力小さくし、かつ材料流れを容易にするための凸部を下型に設定していることを特徴としている。材料特性に関しては、ソフトウェア内に有する SUS316L と実際の線材の引張り試験を行った結果を用いて評価を行った。金型表面に DLC コーティングを施すので、クーロン摩擦係数を $\mu=0.05$ とし、比較のため $\mu=0.15$ 等でも成形シミュレーションを行った。また、加工は、冷間で行うこととし、加工速度は 1mm/s とした。

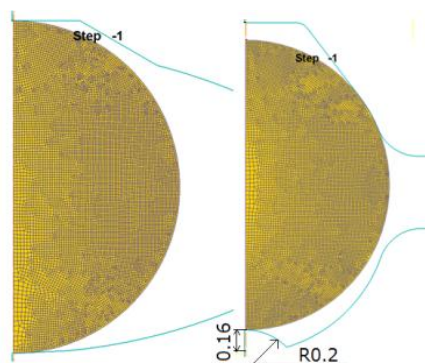


図 2-3-8 金型形状
左 a) は原案形状、右 b) は提案形状を示す。

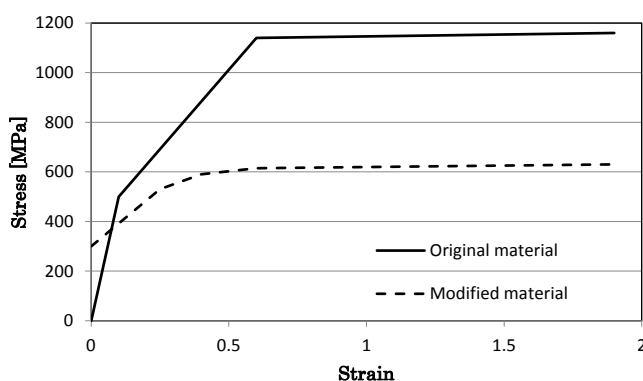


図 2-3-9 応力 - ひずみの関係

成形の終了時点に関しては、原案形状では、突起上部の平坦面の寸法を 0.4mm としたが、当該部分は、フィルターとして使用時に衝撃的または高負荷がかかる部位ではないので、平坦部の長さを 0.1mm として金型に充填する時の荷重を低くする条件とした。また、解析後の評価としては、素材表面に 20 の評価点を設定して、それぞれの点における荷重および金型面上のすべり距離を解析結果から求めた。

原案形状（せん断摩擦係数： $m=0.1$ ）と提案形状の金型形状において、引張り試験結果の応力-ひずみの関係およびクーロン摩擦係数を $\mu=0.05$ 、 0.15 とした時の荷重と金型のストロークの解析データを比較した結果を、図 2-3-10 に示した。

初期条件と比べ、荷重が約 80% 削減され大幅な低減が達成された。また、提案形状における材料と摩擦係数を変化させた時の面圧と滑り距離を比較した結果を図 2-3-11 に示した。摩擦が小さい方がすべり距離が長くなるとともに面圧の減少に伴って滑り距離が増加する傾向

となった。

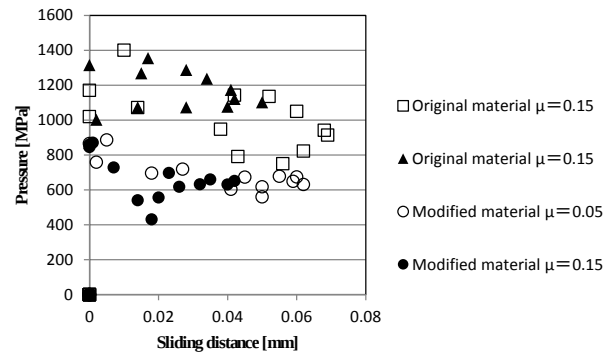
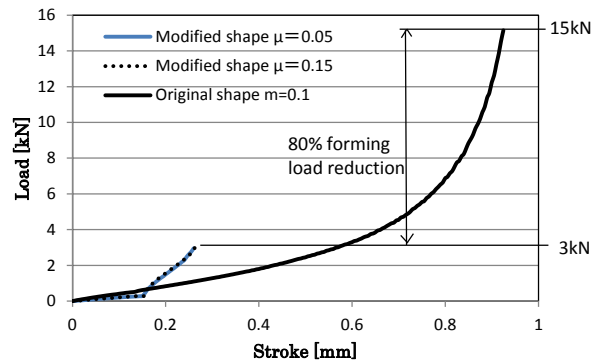


図 2-3-10 荷重と金型のストロークの関係 図 2-3-11 素材の金型との接触点での荷重と滑り距離の関係

<総合寿命評価>

図 2-3-12 は、総合寿命評価を示した。DLC 膜寿命実験による損傷発生限界曲線とシミュレーションによる各点の上限直線の両方を同一の表に記入した。

その結果、シミュレーション解析で得られた結果の各点が全て DLC 膜寿命限界曲線より下に位置していたので、15 万回の寿命は達成できると理論的に判断された。

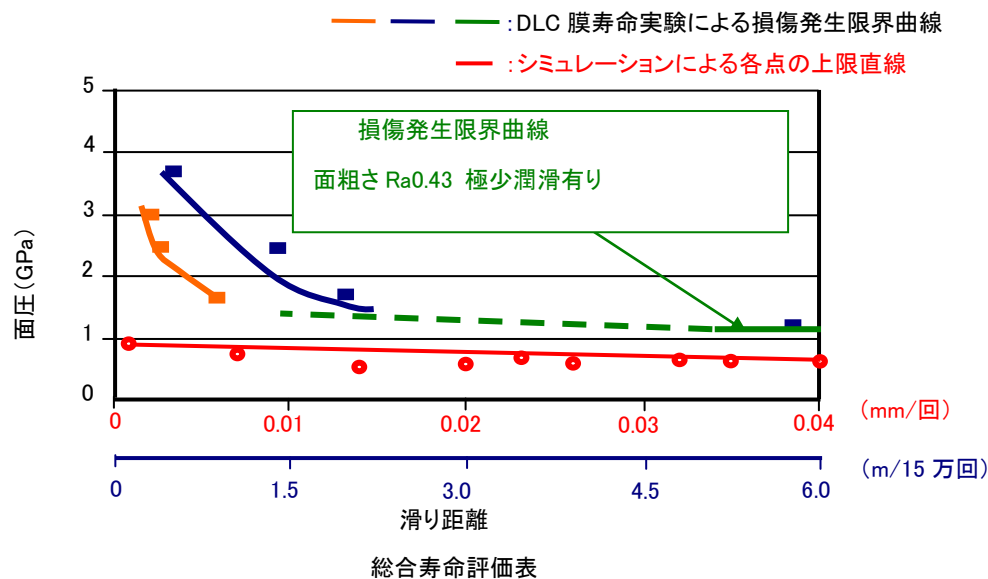


図 2-3-12 総合寿命評価

<結果のまとめ>

・直接的な成果

平成 23 年採択時からの最重要課題の一つとした「ステンレス素材を、極少潤滑下で、金型寿命 15 万回」を理論的にであるが達成した。

・方法論的成果

金型寿命を律する面圧と滑り距離を関連付けて評価する方案を案出し、それを適用した上で DLC 膜等表面処理の寿命を、汎用スクラッチテスターを用いた DLC 膜寿命を評価する方法を提案した。更に、シミュレーションで適正形状を設計する方法を提案した。これら両者を組合せて総合評価する事により、時間と費用負担の大きな寿命実験を実施しなくとも、表面処理付金型の寿命を推定し得る方法を今回見出したことは、新しい試みとして斯界において今後活用して頂けるツールになるものと思われた。

2-4 高速複合生産加工ラインシステムの構築（平成23年度に実施）

（1）目的

大型ばね式フィルター（現状試作品止まり）の低価格化の需要に応えるために、ばね式フィルターの材料である線材の加工方式を、従来の小型ばねにのみ適用可能で大型ばねには使用できないクロスロール圧延加工方式に替わり、サーボプレス冷間加工方式を採用し、それに伴い必要な加工ラインの制御技術を付加することにより、大型ばね式フィルターの製造技術を確認する。

（2）実施内容

大型ばね式フィルターのばね素線を作製する高速複合生産加工ラインシステムを構築する。全体図を図2-4-1に示す。高速複合生産加工ラインシステムは11の機械要素、すなわち、①リールスタンド、②矯正機、③ループスタンド、④送り装置、⑤60t サーボプレス、⑥精密プレス金型は、⑦引出し装置、⑧超高速高精度レーザー検査装置、⑨トラバース付巻取装置、⑩精密中温熱処理機、⑪不動態化処理槽から成る。①リールスタンドから⑨トラバース巻取装置までの機械要素を合わせた全体を「ばね線材塑性プレス加工ライン」と呼び、各機械要素の動作は⑤60t サーボプレスから発信する制御信号によりコントロールされる。

ばね線材塑性プレス加工ラインについて、サーボプレスを用いた高精度化・高機能化のための取扱技術の簡便化、無人化作業等の運用テストを実施した。

また、⑩精密中温熱処理機、⑪不動態化処理槽のトライアル運転を実施した。

図2-4-1は、ラインシステムの全体図を示す。また、図2-4-2及び図2-4-3は、ラインシステムのうち②矯正機、及び④送り装置・⑤60tサーボプレス・⑦引出し装置の写真を示した。

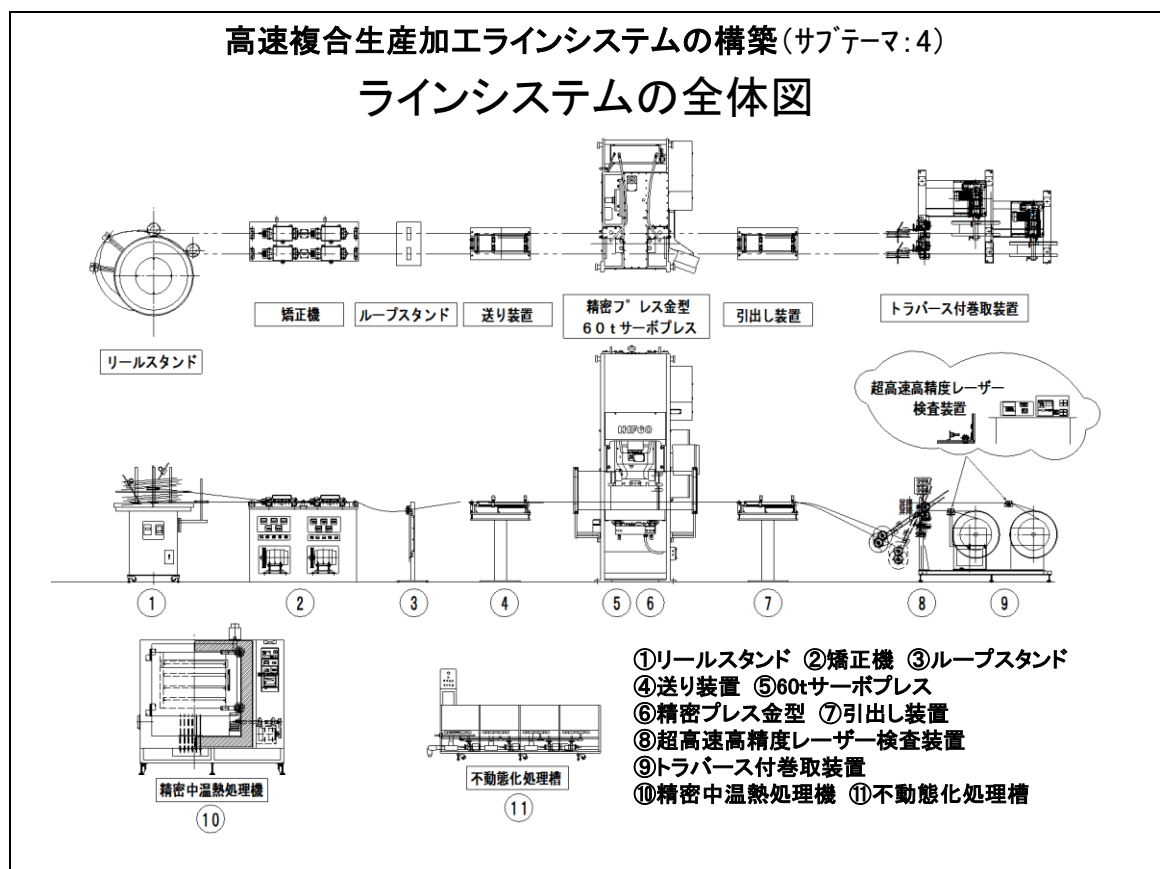


図2-4-1 ラインシステムの全体図

高速複合生産加工ラインシステムの構築(サブテーマ:4)

② 矯正機

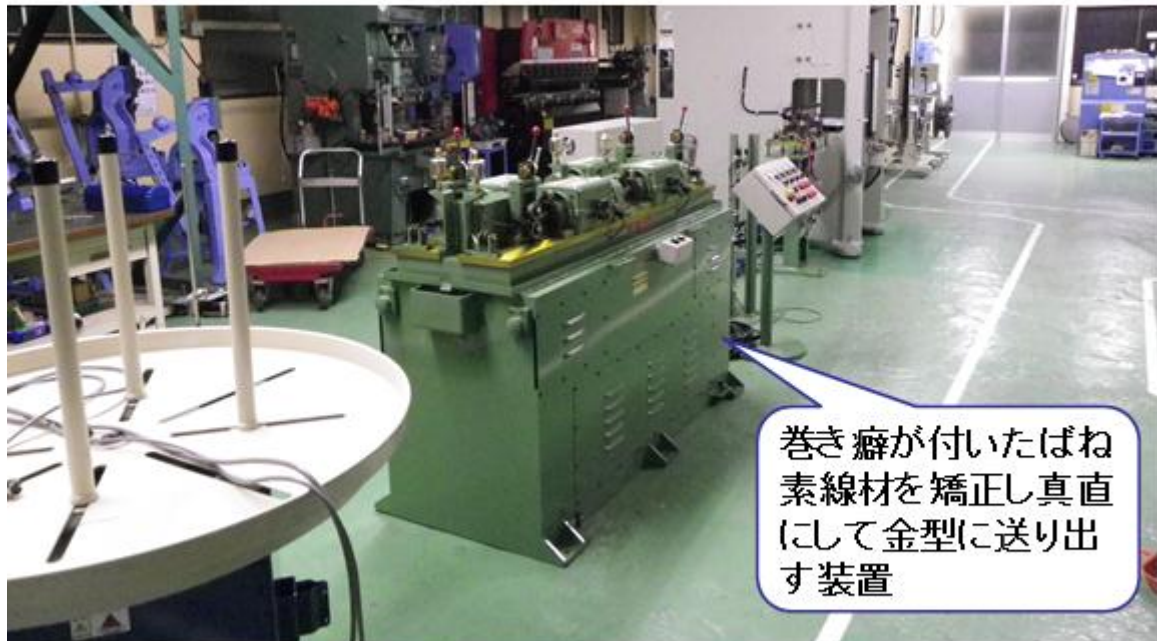


図 2-4-2 ②矯正機

高速複合生産加工ラインシステムの構築(サブテーマ:4)

④ 送り装置・⑤60tサーボプレス⑦引出し装置



図 2-4-3 ④送り装置・⑤60tサーボプレス・⑦引出し装置

(3) まとめ

- ・ばね線材塑性プレス加工ライン (①～⑨)
高速複合生産加工システムの中核であるばね線材塑性プレス加工ラインは突貫作業であったが、目標期日で製作が完了した。9つの機械要素も想定した能力を示していることが確認できた。
- ・中温熱処理機 (⑩)
加熱立ち上がり速度、温度分布等全て想定した数値内で計測され、性能は目標を達成し研究の成果を示した。
- ・不動態化処理槽 (⑪)
水槽内の液体の循環も効率良く循環し、アルカリ脱脂槽、水洗槽、硝酸槽、中和槽、仕上げ水洗槽の性能も想定を上回り、10分程度で完了、付着した油や埃も良く洗浄されている。23年度目標とした成果は十分クリアすることが出来た。

2-4 高速複合生産加工ラインシステムの構築 (平成24年度に実施)

サブテーマ④-1 ばね線材塑性プレス加工ラインの改善

サブテーマ④-2 不動態化処理槽の改造

サブテーマ④-3 精密中温熱処理機の改造

(1) 研究開発の概要

サブテーマ④-1「ばね線材塑性プレス加工ラインの改善」では、製造ラインの完成度向上を目指し、高精度制御装置を作製した。

サブテーマ④-2「不動態化処理槽の改造」では、気泡による洗浄性能の向上を目指し、気泡発生装置を改良した。その結果、大型コイルばねを用いた洗浄の検証により、気泡が均等分散となり洗浄性が向上することを確認した。

サブテーマ④-3「精密中温熱処理機の改造」では、熱処理性能の向上に取り組んだ。熱風吹出し口、及び装着棚板の改善による熱風分散状態を改善し、熱処理温度の均一性向上、熱処理時間の短縮(2/3)という結果を得た。

(2) 研究開発の詳細

【サブテーマ④-1 ばね線材塑性プレス加工ラインの改善】

ばね線材塑性プレス加工ラインの動作及び計測装置の取付構造等を改善し、製造ラインの完成度を高めた。

具体的には、高精度の制御装置を製作し入れ替え加工ライン各装置の運転トラブルを改善した。また、異形ばね線材凸起部の振動による計測ミスの解消のため連続測定部位の加圧送り部の改良を行った。これにより、高速複合生産加工ライン稼働時の安定性向上とばね線材凸起部の振動によるレーザー光線による計測ミス減少が確認された。

a. 高精度制御装置の製作・改善

高速複合生産加工ラインシステムの制御装置と計測装置の改善・改造を実施した。

b. 振動吸収加圧送り部および異形線材連続測定部の改良を実施した。(図2-4-4)



図 2－4－4 振動吸収加圧送り部および異形線材連続測定部の改良

【サブテーマ④-2 不動態化処理槽の改造】

不動態化液、脱脂液、中和液、洗浄水の各液槽の気泡の発生と循環の状態を実際の大型コイルばねを用いて検証し、性能の向上を図った。

具体的には、ポンプの液循環とバブリング作用が相乗効果を生み洗浄力が格段に向上、ヒーター投入等による洗浄力促進作業等も不要となり安全の向上にも繋がった。

【サブテーマ④-3 精密中温熱処理機の改造】

大型コイルばねを装着し、熱風の循環性能を検証する。ファンの能力及び吹出し口並びに装着棚板の性能を検証し、性能の向上を図った。

改善前は炉内温度がバラつき所定温度上昇後も焼き斑が出て均等に成る迄には長時間（30分以上）を要したが、改造後は20分で完了し、仕上りも均一となった。

2－4 高速複合生産加工ラインシステムの構築（平成25年度に実施）

サブテーマ④-1 ばね線材塑性プレス加工ラインの改良

（1）研究開発の概要

製造ラインの完成度向上を目指し、線送り装置部の衝撃吸収等の改良を行った。具体的には、線材の突起箇所ホールド部位の形状と計測部の振動防止装置を改善し、安定稼働時間3倍増を達成することが出来た。

（2）研究開発の詳細

ばね式フィルター線間の隙間を作る異形ばね線材の凸起部はプレス加工の金型送り作業時、送りや引き出し装置の衝撃や振動により長さの誤差、更には計測機器へのブレを生じさせる。

この対策として線送り装置のばね線材のホールド力をアップし、かつ送りと引き出しスピードについて、ストッパー部のダンパーの改善を行った。また、凸起部が計測送り部に断続的な振動を生じさせて精密計測機を停止させる等の不具合の発生を回避する為異形ばね線材がレーザー光を通過する時の凸起部位の保持力を高める機構と振動吸収材を用いる構造を考案し、この活用による安定稼働率の向上を計った。

図 2－4－5 は、ばね線材塑性プレス加工ラインの改善を示す。

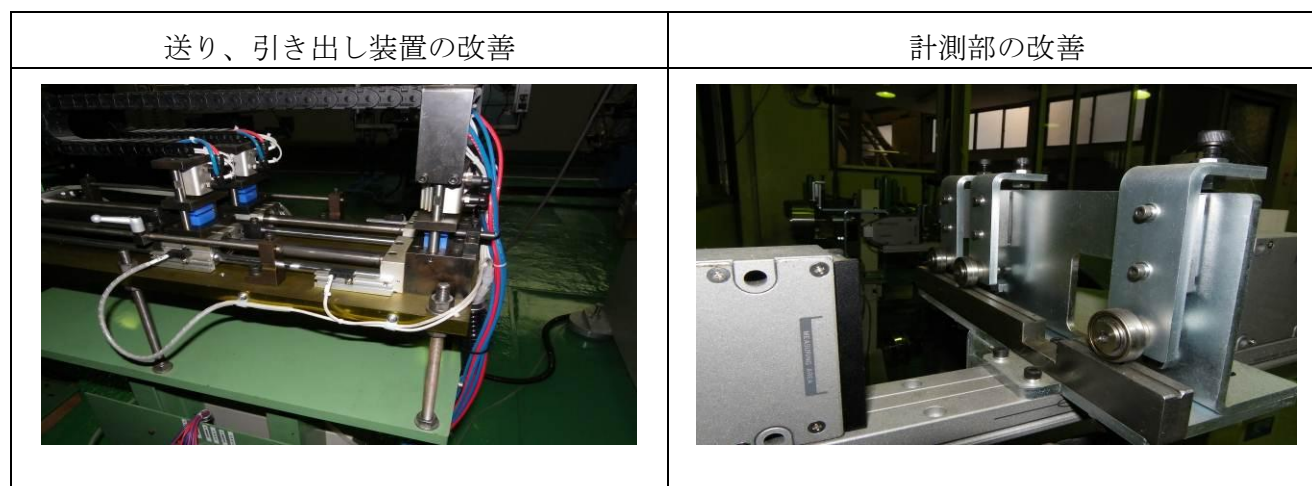


図 2－4－5 ばね線材塑性プレス加工ラインの改善

サブテーマ④の高速複合生産加工ラインシステムの構築における問題解決の成果は、ばね線材塑性加工ラインの 7 台もの機械装置を連結、これ等をトラブルなく均一なタクトで運用出来た事にある。加工精度もミクロンオーダーで技術的に高いハードルがあった。平成 24 年度は連続加工時間の平均が 5 分程度でこれが限界であったが、平成 25 年度は 3 倍増の 16 分となり当初予定する数値が得られた。

製品の低価格化も順調に行なわれ線材の加工時のトラブル減少とフィルター取付金具類の大幅な改善などにより、製造原価を 1／5 に低減する目標を達成する事が出来た。

2-5 実製品の試作による低コスト化及び性能の検証

サブテーマ⑤-1 ろ過実験装置

(1) 研究開発の概要

縦装着式装置及び横装着式装置の改良を行った。改良した縦装着式装置を(株)モノベエンジニアリングに設置し、改良した横装着式装置を九州大学に設置してそれらの性能評価を実施した。更に、放射能汚染除去用大型ばね式フィルターろ過実験装置を試作した。放射能汚染除去の性能についても、既に放射線除去で実績のある小型ばね式フィルターと大型ばね式フィルターとで比較した。現地での性能比較実験も踏まえて、両者の性能は同等と判断された。

(2) 研究開発の詳細

【サブテーマ⑤-1 ろ過実験装置】

平成 24 年度開発の大型ばね式フィルターを取り付けた縦装着式・横装着式のろ過実験装置の問題点を改良し装置の高度化を図った。改良した縦装着式・横装着式型ばね式フィルターろ過装置は実証実験により性能と実用性を明らかにした。これにより大型プラント用ろ過装置として市場参画への道筋を整える事が出来た。

大型ばね式フィルターについては、各分野の大型プラントへの活用を想定した改良を行った。大口径の利点を生かしフィルターの両端よりのろ過や排水、気液混合のバブリング洗浄等特殊な機能を付加した多彩な性能を付与した。多くの客先では設置スペースが限られ高さや横幅が制限されるため縦装着式、横装着式の 2 種のろ過装置をより高度化した装置とするための開発を行った。ろ過性能や逆洗効率、ろ過助剤のプリコート状況、又付加したバブリング装置など特殊機能がフィルターの装着角度により変化するかを、改良した大型ばね式フィルターろ過実験装置を使用して検証を行った。

図 2-5-1 は、今年度改良した縦装着式ばね式フィルター（(株)モノベエンジニアリングに設置）を示す。



図 2-5-1 縦装着式ばね式フィルターの改良（(株)モノベエンジニアリングに設置）

図 2-5-2 は、今年度改良した横装着式ばね式フィルター（九州大学に設置）を示す。



図 2-5-2 横装着式ばね式フィルターの改良（九州大学に設置）

a. 縦装着式ろ過実験試作装置と横装着式ろ過実験試作装置のろ過性能試験

<縦装着式ろ過実験試作装置の性能改善に於ける実証試験>

平成 24 年度の装置の問題点はばねの強度と逆洗浄力の不足が装置全体としての性能低下を招く結果と判断され、平成 25 年度はこの改善を行った。

- イ) 平成 25 年度改良のばね線材により巻ばねの強度を 20%アップ、これにより逆洗浄時のばね復帰が良好となり座屈問題も解消され、ろ過精度の大幅な向上が確認された。
- ロ) 高出力耐蝕自給ポンプの取付により逆洗浄力のアップを図る、これにより逆洗浄速度の改善と洗浄水の減量、又プリコート速度の改善が確認された。
- ハ) 新開発のバブリング回転翼の取付により逆洗浄力の強化が図られた。
- ニ) 機器類の大幅な追加により制御装置の組替えを行った。インバーターの活用も多岐化し、規定するろ過流量の設定及びろ過圧力を一定に定めて連続運用が出来る等広範囲な視野で運用可能な実験装置とした。

<横装着式ろ過実験試作装置の性能改善に於ける実証試験>

平成 24 年度の装置の問題点は、プリコート時の気泡が混入し助剤の不均一な付着によるろ過精度の低下、逆洗浄の能力の不足、巻ばねの強度不足による座屈、プリコート時ベッセル低部に残る珪藻土の残渣や逆洗時のろ過残渣と、ボディーフィード機能の付加等であった。

平成平成 25 年度はこれ等の改善を行った。

- イ) フィルター表面の気泡の付着は助剤プリコートタンクの水量計を調整、攪拌機によるエアの巻き込みを無くし改善に成功。同時にばね強度のアップも重り付着した珪藻土の崩壊を無くした。
- ロ) ベッセル低部に残る珪藻土の残渣は、珪藻土の粒径を整えて改善を計った。
- ハ) 逆洗浄時ベッセル低部に残るろ過残渣はプッシュブル逆洗浄方式を考案し改善を図った。

図2-5-3は、大型ばね式フィルター縦装着式ろ過装置及び横装着式ろ過装置の改造結果をまとめて示したものである。

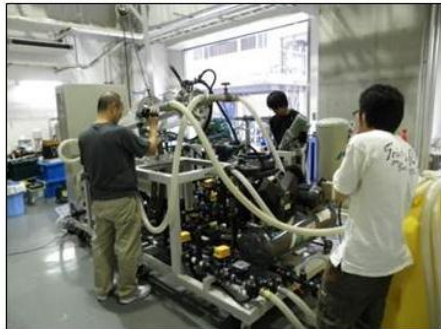
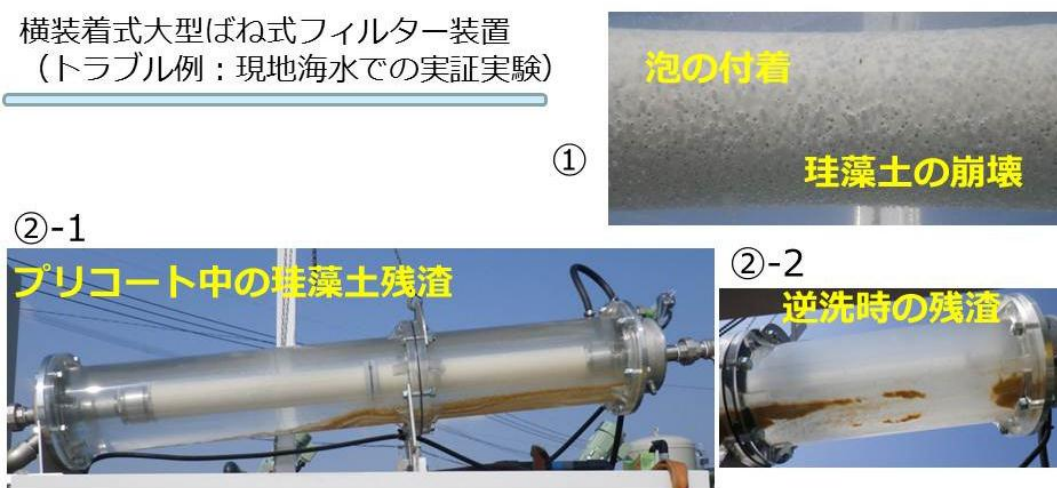
縦装着式大型ばね式フィルターろ過装置の改良	横装着式大型ばね式フィルターろ過装置の改良
 ・逆洗浄能力大幅アップ ・洗浄水の減量（30%）90L/回 → 60L/回	 ・ボディーフィードによる助剤量計量可能 ・プリコート時間の短縮(30%) 9分 → 6分
改造 1. 高圧ポンプ取付けによる短時間での逆洗浄の効率化 2. フィルター内外よりの高圧気水洗浄 3. バブリング装置の取付	改造 1. ボディーフィード機能の付加 2. 高圧洗浄用ポンプ取付による逆洗浄の効率化 3. バブリング装置の取付
改善 1. プリコート時間の短縮 2. 洗浄水の気水混合による減量化	改善 1. プリコート時の気泡の混入解消 2. フィルター内部より高圧気水洗浄 3. 巻ばねの座屈解消 4. プリコート剤の均一な密着

図2-5-3 大型ばね式フィルター縦装着式ろ過装置及び横装着式ろ過装置の改造結果

図2-5-4は、大型ばね式フィルター横装着式ろ過装置を用いた現地評価（九州大学）でのトラブル例を示した。

横装着式大型ばね式フィルター装置
（トラブル例：現地海水での実証実験）



- | |
|--|
| ①珪藻土の崩壊 ⇒ 改良型ばね線材によるばねの強度の増強
（ばねの座屈を改善）
②ベッセル内の珪藻土残渣の改善 ⇒ プッシュ・プル方式を検討
⇒ 逆洗浄力の強化（バブリング装置） |
|--|

図2-5-4 大型ばね式フィルター横装着式ろ過装置を用いた現地評価（九州大学）

【大型横型ろ過装置改善点の詳細】

図2-5-4に見られるように、大型ばね式フィルター横装着式ろ過装置を用いた現地評価では、プリコート時に於いてフィルター表面に泡が付着したり、プリコート時にベッセル測底部に珪藻土残渣が蓄積したり、逆洗浄後に珪藻土残渣が残るといった現象が認められた。そこで、大型横装着式ろ過装置改善を行ったが、そのポイントを下記に記した。

A) 大型ばね式フィルター横装着式ろ過実験装置の改造事項

①フィルターユニット関連

- ・改良型ばね線材によるばねの強度の増強
- ・ばねの座屈を改善（ばね母線材径拡大：前 $\phi 1.8\text{mm}$ → 現 $\phi 2.0\text{mm}$ ，ばね巻き径：前 $\phi 65\text{mm}$ → 現 $\phi 65.4\text{mm}$ ）

②高出力耐蝕性ポンプ取付

- ・バブル発生促進・逆洗浄速度改善・洗浄能力アップ
- ・60Hz 3.7kW（全揚程 30m）に変更、洗浄力のアップを計る

③新考案バブリング発生装置

- ・フィルター内部より気水を放出しフィルター内部より強力に逆洗浄する

④設備追加による新規制御装置の製作及び24年度製作制御装置の改造

- ・装置改造により運用形態の大幅な変更が生じ、そのため制御ソフトを組替えた
- ・設備増加による制御装置の新規追加製作

図2-5-5は、大型ばね式フィルター横装着式ろ過装置の改良による高機能化（1）を、また、図2-5-6は、大型ばね式フィルター横装着式ろ過装置の改良による高機能化（2）を示した。改造装置では、新たに開発したバブリング装置を取り付け、強力なポンプを使用することで逆洗浄能力の向上が図られている。

大型横装着式ろ過装置の改良による高機能化（1）

サブテーマ ⑤

(2) 改造主要部の全形

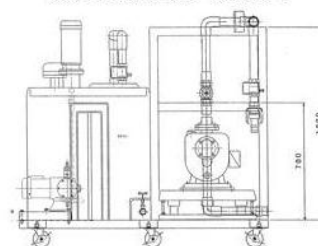
改造主要部の全形



改良項目

- ホ. ボディーフィード機能の付加
- ハ. 高圧洗浄用ポンプによる逆洗浄の効率化

改造主要部位 設計図



ボディーフィード及び高圧洗浄機能を有する装置

改造装置取付機器類

- ①耐海水用自給式：3.7kW ②ボディーフィードタンク：300L ③定量ポンプ：0.75kW ④制御盤：新規 ⑤バルブ類 ⑥カプラ類 ⑦架台 ⑧レギュレーター ⑨攪拌機 ⑩レベル計 ⑪流量計 ⑫流量調整弁 ⑬ポンプ架台 ⑭メイン制御盤：改造 ⑮バブリング洗浄装置

図2-5-5 大型ばね式フィルター横装着式ろ過装置の改良による高機能化（1）

大型横装着式ろ過装置の改良による高機能化（２）

サブテーマ ⑤
(3) 24年度の座屈部位の拡大検証

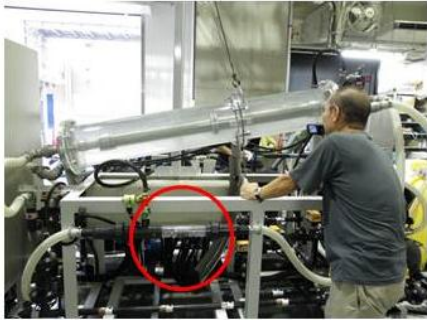
上部座屈が解消する  ばね線材の形状改善と断面積の増大(約20%)による巻ばねの強度アップ及び巻ばね両端部のスムーズな回転方法の考案により解決	改良項目 Ⅰ. 巻ばねの座屈解消 Ⅱ. プリコート剤の均一な密着 繰返し実験で座屈の有無を検証する  検証 九州大学篠田教授 ※丸の中は新開発バブリング装置
--	--

図 2 - 5 - 6 大型ばね式フィルター横装着式ろ過装置の改良による高機能化（２）

横装着式ろ過装置で逆洗浄後にも珪藻土がベッセル内に蓄積して残る問題に関し、アイデアとして、以下の様なことが考えられた。

1) プリコートに関する改善について

珪藻土がフィルターにコーティングせず、ベッセル底部に残渣が発生する。縦装着式では発生しない現象である。

⇒上部は水流が遅いためと推察される。現在は水を下から押しているが、上からポンプで吸い上げると改善するのではないかと考えられた。

⇒小型機でも、大型機でも同様の珪藻土の残が発生しているため、まず小型機で下から押して上から吸う方式の実験を行い改善するか確認することとする。

⇒ポンプでの押し出しを大きくするとフィルターに付着した珪藻土が吹き飛ばされるからではないかと推察された。

⇒流速を上げるとフィルターの珪藻土の付着がくずれる。間隙が $200\mu\text{m}$ から $100\mu\text{m}$ のフィルターに変更することを検討すれば、流速を上げて問題無くなる可能性がある。

2) 気泡混入によるプリコート剥がれ改善について

プリコートタンクに水が戻る際、水が跳ねて気泡が出来、次に気泡が大きくなり、ポンプが気泡を切ることにによりその細かい気泡がフィルターに付着し、プリコートを邪魔する可能性がある。

⇒プリコートタンクに戻ってきた水が跳ねないよう水面下に配管を長くして改善する。

3) 洗浄性の改善

ベッセルの径が大きく、空気と水が分かれてしまい、洗浄がうまくいかない可能性がある。

⇒比重の軽い水（気泡を含んだ水）で洗浄する。

⇒配管からベッセルの間で径が急に広がるため圧力が変わり、空気と水を分離するの可能性がある。

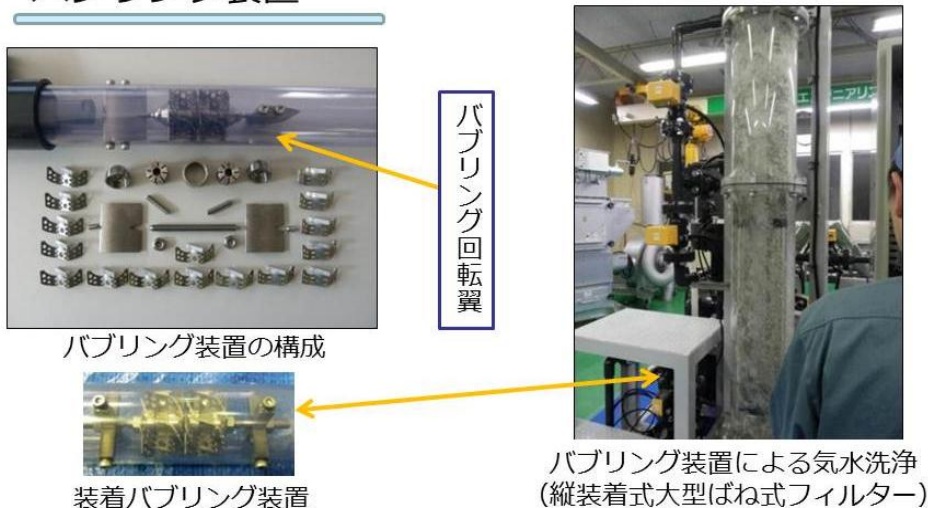
⇒ベッセルの径を小さくした場合の実験を行う。

これらの考察結果から、中型の横装着式ろ過装置を使用し、まずは、基礎的実験として

ポンプを2台使用し、プッシュ・プルの効果を実験的に調べた。その結果、プッシュ・プルによりベッセル内の珪藻土残渣の量が顕著に改善することが示された。

次に、縦装着式試作装置の改良による基本的な性能の測定を行った。図2-5-7は、大型縦装着式ろ過装置の改良による高機能化を示したものである。新たに開発したバブリング装置を取り付け、強力なポンプを使用することで逆洗浄能力の向上が図られている。

バブリング装置



- ・ 高圧で大量のミニバブルを発生、これをフィルター内に送り込み洗浄力を増大させる。
- ・ フィルター外部からの気水洗浄に加えて、ミニバブリング装置で発生させた気水洗浄との相乗効果による高効率の逆洗浄方式を完成する。

図2-5-7 バブリング装置

図2-5-8は、横装着式大型フィルターろ過装置を用いた実験の様子を示した。

横装着式大型フィルターろ過装置を用いた実験

ろ過ベッセルを横型にした場合には配置上メリットがあり、無駄なスペースを排除したい船内ではコンテナ内設置などが可能となる

H24 現地評価

◎ 流量性能, 濾過性能評価

- ・ IMOの基準を満たしているか、特に適正に除菌ができていないか ⇒ 98-99%除去で満足する

H25 評価計画

◎ 流量性能, 濾過性能評価

◎ 長時間の自動運転についての検討

- ・ バラスト水処理は、処理量の設定時間が長いほど、装置を小さくできる。

* 太巻きばね(φ64mm, 長さ1170mm)の必要本数は、想定処理量200ton/h とすると、計算上は太巻きばね56本と算定される。



H24現地実験の風景

オーストラリア航路での想定：往復約1ヶ月、航行12日+荷役3日、年間12回交換

- ・ 想定1：接岸・荷役、処理時間10時間~2日程度
- ・ 想定2：処理時間3日程度
- ・ 想定3：航行中処理、処理時間12日程度

図2-5-8 横装着式大型フィルターろ過装置を用いた実験

新開発大型ばね式フィルターの放射性物質除去用ろ過実験装置の研究は、従来の小型ばね式フィルターが除染活用に於いて高い性能を発揮している実績があり、これを踏まえて要望の多い大型プラントへの活用を目指すものであり新大型ばね式フィルターの性能が従来小型フィルターと同等の性能を発揮するか実証実験を行うものであった。

図2-5-9は、可搬式放射能汚染除去用大型ばね式フィルターろ過実験装置の試作/評価の概要を示す。

可搬式放射能汚染除去用大型ばね式フィルターろ過実験装置の試作/評価

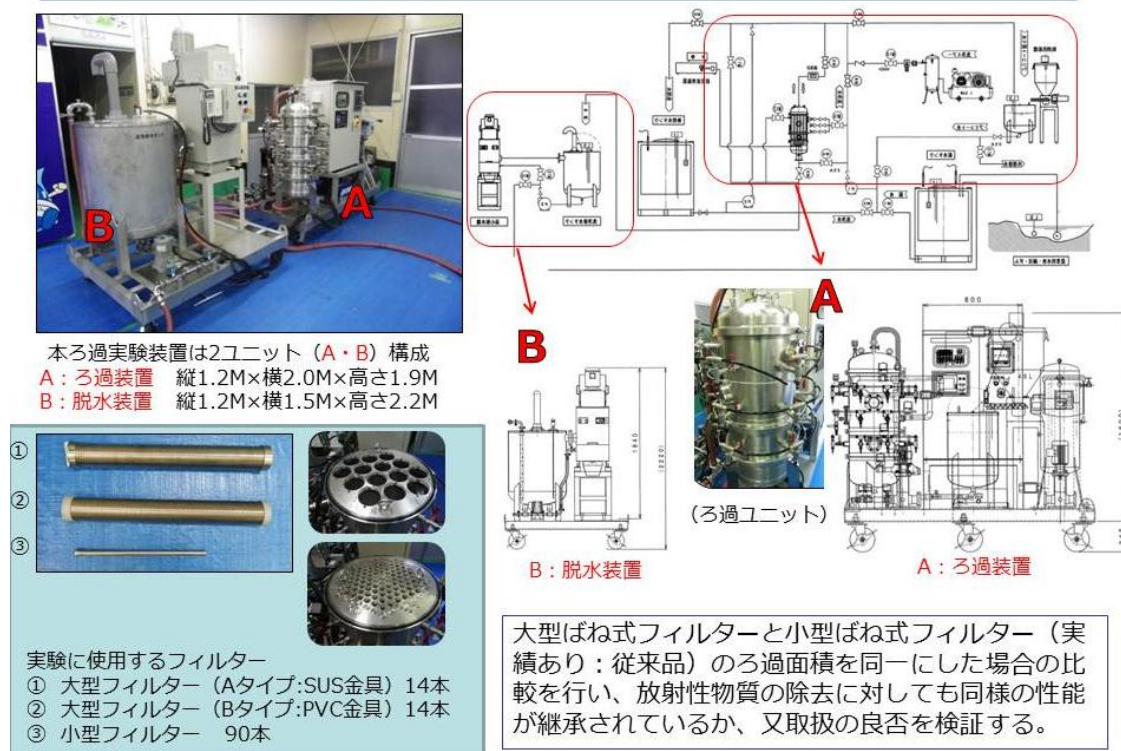


図2-5-9 可搬式放射能汚染除去用大型ばね式フィルターろ過実験装置の試作/評価

放射性物質除去用ろ過実験装置については、大型・小型両サイズのフィルターの取付を可能とする装置として試作開発した。この装置を用いて、ろ過面積を同一にして各性能比較実験を実施した。

ろ過実験装置には多岐の計測装置をセットし、これをレコーダー（記録機）に取り込み各種のデータを収集出来る様に考案した。実験の結果から、両フィルターはほぼ同一の性能を示し初期の目的を達成した。

逆洗浄効果については、わずかに大型ばね式フィルターの性能が上回ったという結果となった。

図2-5-10の右中央の写真に示す様に、福島県双葉郡浪江請戸川ヤナ場での実験では福島県や市町の職員、原子力公社職員、各除染関係組合職員、大手企業等大勢の注目を集め行われた。福島県を介する除染事業組合の平成26年度に於ける大型受注の内示を受ける等前途が明るい。

新フィルターに於ける今後の課題は、各作業現場に適合したシンプルでかつ安価、更に高度化を目指した装置の個別設計製作を実施する。

図2-5-10は、可搬式放射性物質除去用ろ過実験装置の評価試験（福島県双葉郡浪江請戸川ヤナ場）の風景と実験結果のまとめを示す。

可搬式放射性物質除去用ろ過実験装置の評価試験（福島県双葉郡浪江請戸川ヤナ場）

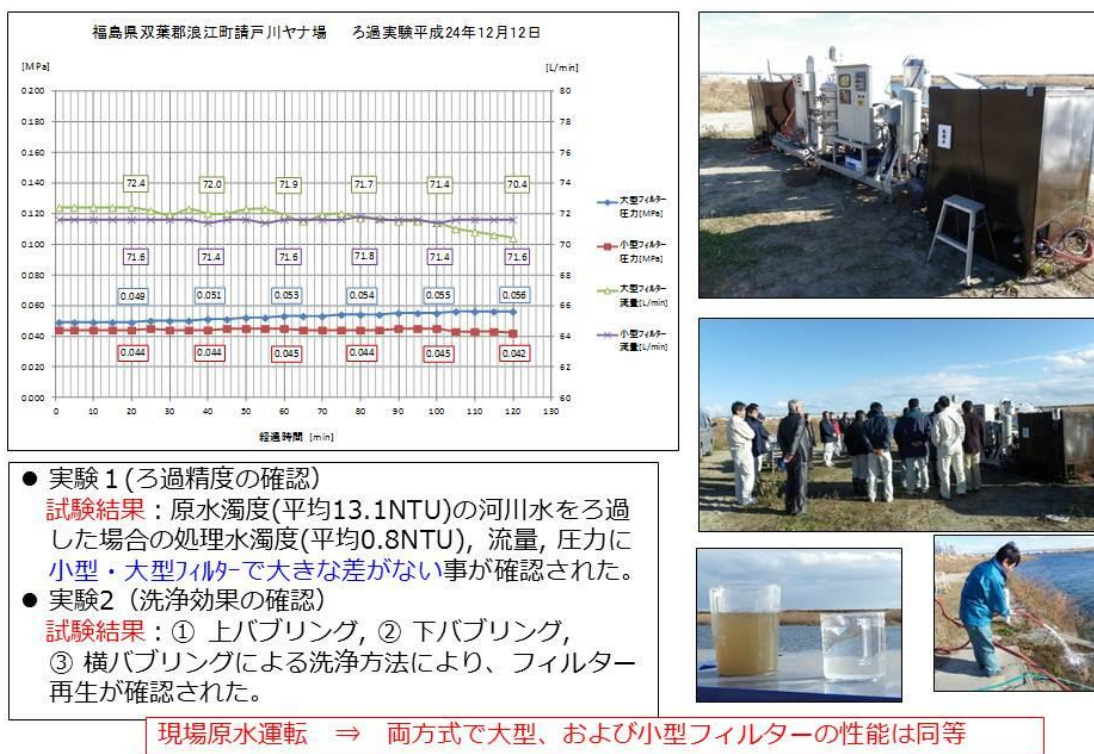


図2-5-10 可搬式放射性物質除去用ろ過実験装置の評価試験（浪江請戸川ヤナ場）

図2-5-11は、可搬式放射性物質除去用ろ過実験装置の評価試験（福島県相馬市山上地区除染基地）の風景と実験結果のまとめを示す。

可搬式放射性物質除去用ろ過実験装置の評価試験（福島県相馬市山上地区除染基地）

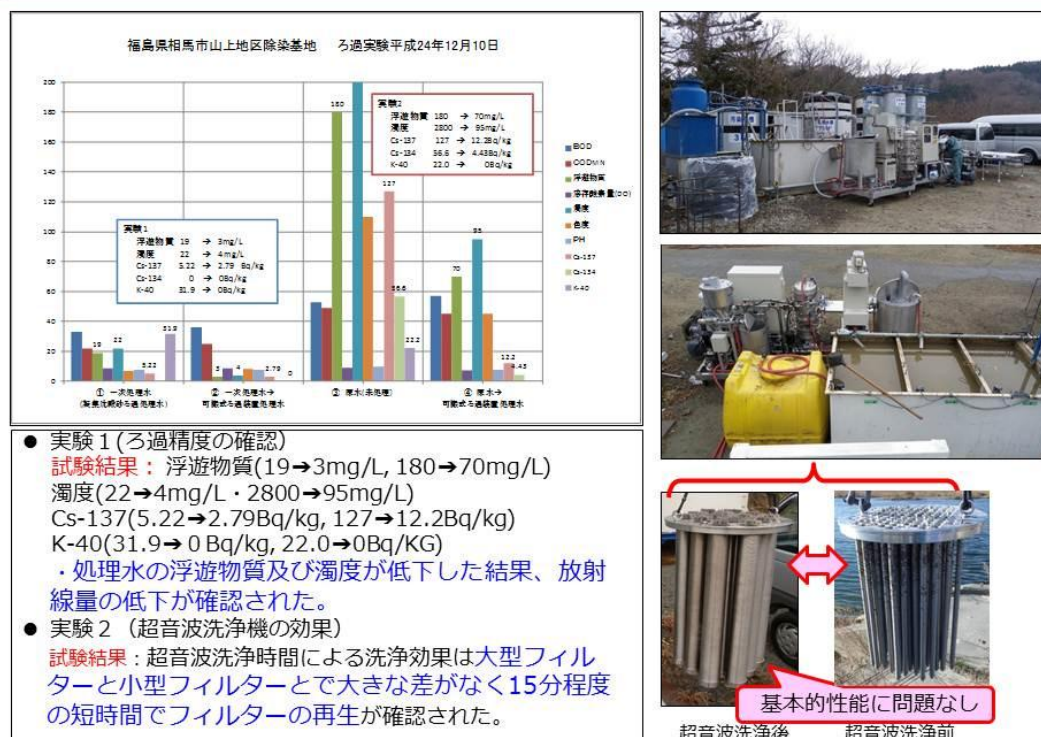


図2-5-11 可搬式放射性物質除去用ろ過実験装置の評価試験（山上地区除染基地）

3) 実験による結論

縦装着式及び横装着式ろ過実験用試作機は平成 24 年度製作時には多くの問題点が指摘された平成 25 年度のテーマはこれ等の問題を改善する事であった。両装置の大幅な改造工事を行う事に加え新開発のバブリング回転翼やプッシュブル洗浄方式の開発を行い装置の高度化を計った。各改善事項について全て課題解決に成功し、目標とした成果が得られた。

4) 今後の改善課題

縦装着式及び横装着式ろ過実験用試作機は目標とする課題を全て達成出来た。今後この装置の市場投入を目指すには現在の試作装置の形態では実用機としては不向きであり、大幅な改善あるいは改造が必要となろう。まず透明の亚克力ベッセルを金属化し強度を増強、機体のコンパクト化と軽量化、又制御の更なる改良を再考し、新たな構想の設計により実用性を兼ね備えた装置としての高度化を図る必要があろう。

2-5 実製品の試作による低コスト化及び性能の検証（平成 25 年度に実施）

サブテーマ ⑤-2 異形ばね線材の改良

(1) 研究開発の概要

サブテーマ⑤-2「異形ばね線材の改良」では、異形ばね線材の改良により、ろ過効率や逆洗浄性の向上、また、強度不足の改善を目指した。

具体的には、従来素線径 $\phi 1.8\text{mm}$ を $\phi 2.0\text{mm}$ とし、突起部の接触面を 2.7 倍にすることが出来た。これにより、逆洗時のばね形状復帰が良好となり、また、ばね式フィルターの強度不足を改善（20%増）することが出来た。（①-2 にてばね線材形状は説明済み）

(2) 研究開発の詳細

【サブテーマ ⑤-2 異形ばね線材の改良】

平成 25 年度の改良点は、ばねの強度不足の解消を目指したものであった。従来の素線径 $\phi 1.8\text{mm}$ を $\phi 2.0\text{mm}$ にしてばね強度の増大を図った。その結果、ばね強度は約 20%増大した。これにより、ばねの座屈が解消し、プリコート均一な付着、ろ過性能の向上が図られた。また、逆洗浄時のばね形状の復帰も良好となった。

もう一つの改良点は、ばね巻き時の不具合の解消を目指したものであった。素線径を $\phi 2.0\text{mm}$ にすることで、凸起部の接触面の面積が約 2.7 倍となっている。これにより、巻線時の凸起の摩耗が解消し、凸起高さも安定した。その結果、ろ過精度の向上が認められた。

第3章 従来技術との差異・優位性、技術の用途、事業化・製品化の見通し

3-1 従来技術との差異・優位性

イ．ばね式フィルターは再生力が優れ交換不要

【従来一般フィルターとの比較】

- ・従来フィルター技術は再生力が劣り、使い捨てとなり使用後産廃
- ・新技術はメンテ作業が極少 ⇔ 従来型フィルターは交換等のメンテ作業が多い
- ・新技術はボタン1つの操作で危険物質等の長期無人運転 ⇔ 危険への接触頻度過多

ロ．弊社の小型ばね式フィルター（従来技術）との比較

- ・新技術の大型ばね式フィルターは大型のろ過プラントに活用出来る
（小型ばね式フィルターは小規模ろ過装置に有利）
- ・新技術はフィルター内外より洗浄可能（逆洗浄性に優れている）
（小型はフィルター内部よりの逆洗浄は不可）

3-2 新技術の用途（ろ過＝”澄水を得ること” または”有価物・不純物を回収すること”）

○船舶バラスト水処理装置

I M O（国際海事機構）では船舶に搭載するバラスト水処理の規制について、条約を批准、バラスト水処理水排出の強制化が始まる。（船舶に搭載するバラスト水処理装置への応用）

○世界的な水不足による飲料水の確保

水不足が問題化しつつある。アフリカのように、飲料水が不足所もあるが、地中海沿岸、米国西海岸、メキシコ等、観光が盛んな場所での水不足もある。

- ・海水の淡水化：海水淡水化にはRO膜による方法があるが、膜のコストが高く、水処理コストを上げている。膜の長寿命化には、海水のプレ濾過を行いRO膜の目詰まり防止から、長寿命化を計る必要があり、この分野の前処理フィルターとして適用が可能である。
- ・淡水の濾過：淡水の濾過では、有害なイオン残存物が無い場合には、飲料水に適するレベルの濾過が可能である。有害なイオン残存物を含む場合には、RO膜を一旦通して供与することが考えられる。飲料水として水質の悪い海外地域（アジア地域、中南米、アフリカ）での利用・支援が可能である。
- ・浄水技術への繰り込み：水道水の浄化過程での消毒用塩素の低減化、安全化への適用が可能である。

○核汚染の除染

SS（懸濁物質）低減効果があるので、この効果により核汚染の除染効果が有効に働く場合には、除染が期待できる

○海水を用いた冷却水の事前処理

例えば、海洋温度差発電で用いられる薄い隙間から構成される熱交換器の防汚について適用可能である。

○水産養殖用の処理水

細菌レベル程度は除去可能であるため、養殖魚の感染症抑制が期待できる。

3-3 事業化・製品化の見通し（海水、バラスト水）

○現在の市場動向及びその対応

- ・小型ばね式フィルターは市場で高い評価⇒プラント用大型装置の要望も多い。
- ・船舶バラスト水処理、環境排水、工場排水の処理、海水の淡水化や被災地の汚染水処理への適用も期待されている。

○事業化計画について：（株）モノベエンジニアリングが製造担当

- ・船舶バラスト水、上水・中水処理、化学、集塵機等で商談がある。
（装置/プラント：3,410億円/H23年世界、H25の予想5,000億円世界）
- ・汚染水処理に関しては、関連メーカーおよび多くの自治体からの要望がある。
（国の除染費用：H25 土壌除染の例4,995億円/年）

第4章 全体総括

平成23年度研究開発の一番の課題は、大型ばね式フィルターのばね素線を作製する高速複合生産加工ラインシステムを構築することにあった。構築シクした高速複合生産加工ラインシステムは11の機械要素からなり、その中で心臓部分となる「ばね線材塑性プレス加工ライン」に於いては、各機械要素の動作は⑤60t サーボプレスから発信する制御信号によりコントロールされる設計とした。

ばね線材塑性プレス加工ラインについて、サーボプレスを用いた高精度化・高機能化のための取扱技術の簡便化、無人化作業等の運用テストを実施し、次年度に向けた課題を明らかにした。

平成24年度の研究開発は、サブテーマが5題となり、各テーマごとに2～5つの研究項目を設定したので、計14の多数の研究課題で構成されることとなった。有能な人材が与する研究組織と高度な管理体制の下、研究は概ね順調に進み達成率85%となった。実施項目はほぼ計画通であったが、次の項目などで次年度に課題が残り、平成25年度にも実施することとした。

サブテーマ①-2 金型の高度化による製品の低価格化

サブテーマ②-1 金型のDLC技術による高度化及びブロック化

平成25年度の研究開発はサブテーマが5題でテーマ毎に細分された多くの研究課題が内包されている。研究は有能な研究者が集い、高度な管理の下、実施項目はほぼ計画通り順調に進み総合評価では90%以上の達成率となった。DLC技術に関わる研究テーマでは、ハードルが高く今後の改善事項が残った。又金型の改善事項に於いてもシミュレーション技術の活用による改良の余地があると考えられたため両研究は今後も継続して行う予定である。

縦装着式及び横装着式ろ過試作実験装置は目標とした性能を発揮し、満足する成果が得られた。今後は市場投入を目指し実用実機としての設計の改善を図る。

- ・九州大学考案のプッシュブル洗浄方式は高い性能を発揮する装置であり今後、横型ろ過装置の洗浄性能強化活用に期待出来る。
- ・新開発のバブリング回転翼は高い洗浄機能を有し今後の大型プラントへの活用を予定している。又同装置は薬品類等の複数の液体混合にも大きな偉力を発揮する事が実証されていて、この方面への活用の期待が大きい。
- ・平成25年度の新テーマである可搬式放射性物質除去用ろ過実験装置の実験は高い成果を上げ福島県内の除染組合に認められ早くも受注の内示を受ける等成果を見せて居り、今後に期待を寄せている。