

木更津工業高等専門学校

小口径塩ビ継手の漏水に対する不断水補修具の試作開発

— 南房総地域の社会的損失の止水を目指して

企画概要

館山市全域と南房総市富浦地区・三芳地区では上水の約4分の1が漏水で失われ、その損失は一年あたり4.4億円となる。水道企業団では年間400件超の漏水補修に追われる。補修件数の4割超を占めるのは、口径30 mm以下の小口径塩ビ管の継手のひび割れである。しかし、これらを断水なしで補修する手立てがなく、作業員と供給先家庭それぞれの物理的負担と心理的負担が不断水の補修方法に比べて大きい。そこで、企業団からの技術相談をもとに、小口径塩ビ管継手の漏水に対する不断水補修具の試作開発に取り組んできた。口径16 mmのソケット継手の止水に対して一定の成果が得られた。

取り組み内容

検証内容

2023年5月、館山市等に水道を供給される三芳水道企業団の方から木更津高専に、**製品化相談の足掛かりのために小口径継手の不断水補修具を試作してほしいと依頼があった。**地域の困難な状況や作業員の方のご苦心をお伺いした。

木更津高専チームは、世の中にない「小口径塩ビ継手の漏水に対する不断水補修具」の試作開発を始め、**ヒアリングや調査分析を設計に反映しながら、3Dプリンタによる試作で止水が可能かを試みた。**製品化のためには1.75 MPaの水圧1分間に対して漏水ゼロを満たす必要があり、止水時にはこれが数値目標となる。



有収率
75% (R3年度)
(全国平均90%)

継手の
ひび割れ
が4割超



取り組み成果・効果

取り組みを通じて得られた成果

1. 水道を支える方のご苦心が深く理解でき、水道のありがたさを実感した。
2. 試作物は最高で**0.5 MPaの水圧1分間に対して漏水ゼロを達成した。**
3. 本取り組みを通して、水道補修具メーカーを含む産官学の連携体制ができた。



ステークホルダーヒアリングで得られた取り組みへの期待

直接のステークホルダーにあたる三芳水道企業団の方からは、**製品化・実用につながるまで本試作開発に取り組んでほしいと期待されている。**対象地域の漏水の損失を削減できれば、削減分予算を老朽管の更新に回せる可能性がある。



管路経年化率
54.8%
(全国平均20.3%)



地域の課題・特性

三芳水道企業団

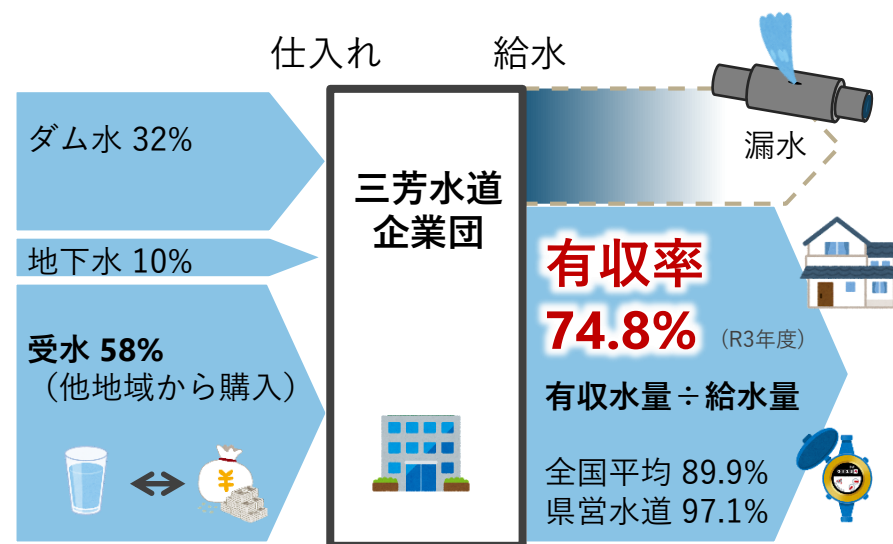
- 水道を供給する広域公共事業団体
- 管轄は、**館山市の全域と南房総市の富浦地区・三芳地区**
= 本取り組みの対象地域
- 2.3万戸 5.1万人に
年間合計 $7.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ を送水
- 供給(販売)単価 245円/ m^3
< 給水(製造)原価 342円/ m^3
赤字分は市/県の補助金で補填

本取り組みのステークホルダー
直接的には、三芳水道企業団
間接的には、当該地域～県、他の地域



半島の先端部という
地理的条件にある。

仕入れの58%が受水かつ
給水の約1/4が損失で、
漏水修理が重要。



漏水と災害

漏水自体は、気象災害や地震によっても生じるものの、ふつう災害と言わない。

管路の劣化・老朽化

2023.07 ([神戸新聞](#))

兵庫県明石市で漏水、ガス供給停止300戸

2022.02 ([千葉日報](#))

千葉県旭市で漏水15000戸、老朽化か

地面の陥没

2023.05 ([四国新聞](#))

香川県高松市で漏水、道路陥没バイク男性けが

2022.12 ([北海道テレビ](#))

北海道札幌市で漏水71戸、道路陥没トラックはまる

地震による広域被害

2016.09 ([毎日新聞](#))

熊本地震 5 カ月 水道料金の過大請求約6100件

しかしながら当該地域については、**災害に近い社会的損失**が定常的に生じている。

1. 有収率75%が全国平均90%より低い。つまり給水量（うち58%が購入分）の**約1/4が供給先に届いていない**。
2. 一日あたり3600 m³（小学校プール約10杯分）が漏水量で、給水原価342円/m³より**年間4.4億円の損失**がある。
なお、給水収益は14.1億円。
3. 老朽化を表す**管路経年化率が54.8%**と全国平均の20.3%を上回る。

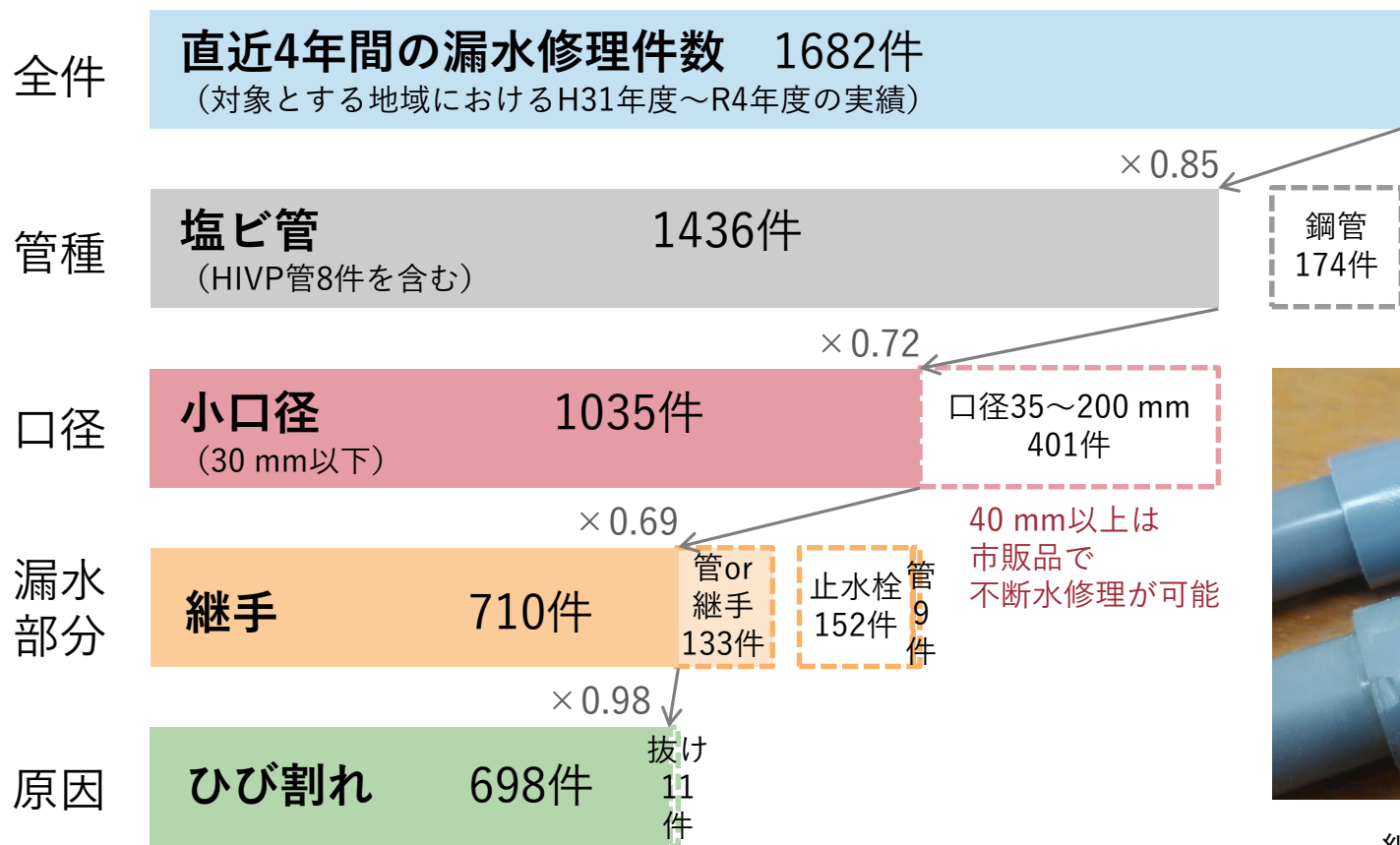


出典：三芳水道企業団「[令和5年度上水道の概況](#)」、(2023), pp.22-23.
確定済みの令和3年度実績に基づく

対象地域における

課題の規模

「口径30 mm以下の小口径塩ビ管の継手のひび割れ」など被害が小規模で、大した問題ではないのでは？



継手のひび割れの例

このうち口径16, 20 mmは合計469件

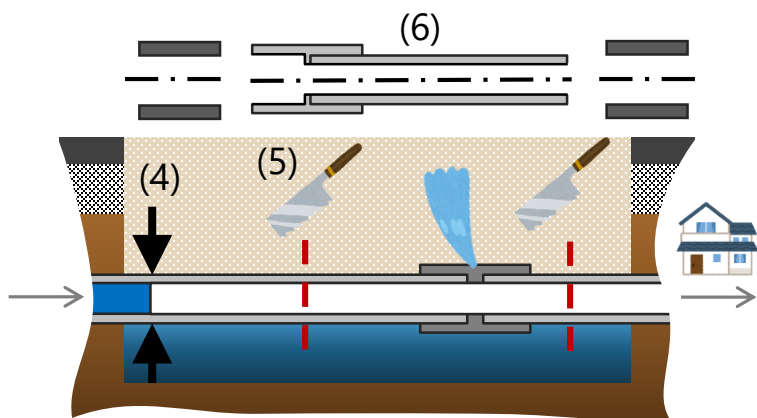
修理全体の4割超 (698件/1682件) が小口径塩ビ管の継手のひび割れ

断水は つらいよ

～現場の方のヒアリングから～

手順の概要

- (1) 周囲を掘削して、水をかき出す
- (2) 公道にかかる場合には要申請
- (3) 供給先家庭に断水の連絡・調整
- (4) 管をつぶして断水
- (5) 漏水部の前後を切断
- (6) 新しい管・継手と断水補修具2個で切断部分を交換・接着して通水
- (7) 次の止水栓に行き、(6)で管路に流れた接着剤を除去
- (8) 埋め戻して修理完了



負担がかかるポイント

- ① 供給先家庭に**事前連絡して承諾が必要**
- ② 不断水に比べて**掘削する体積が多い**。
漏水部だけ掘ったのでは作業不可。
- ③ 道路ぎわの宅地内漏水で道路掘削の必要が生じると、役所と警察署に許可を取る必要が生じる。
- ④ 通水時に水圧が0から通常に戻り、管内のスケールが宅内に流入し給水器具が破損してクレームになることがある。

OK?



OK?
OK?



現場の方は、本当に、**不断水修理**をしたい。

ピンポイントで掘削して**通水したまま補修具を継手にかぶせて埋める**ことができれば、事前承諾も不要で掘削範囲や水圧変化も最小限。

不断水補修具は高価（3.5万円～）だが十分に見合う価値あり。

本取り組みの目的

小口径（30 mm以下）の塩ビ管継手のひび割れによる漏水について、
不断水修理用の補修具を試作開発する。

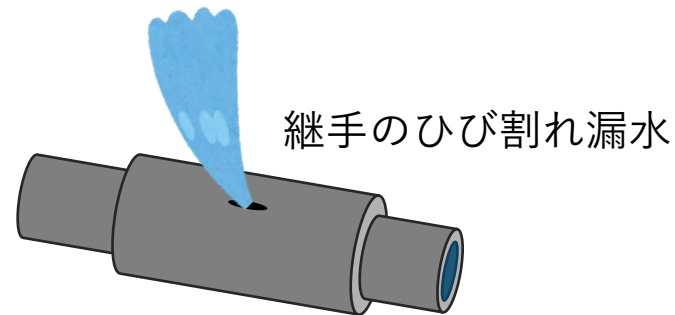
実現時に期待できること

- ① 作業員と供給先家庭の**物理的負担と心理的負担を低減**できる。
- ② 漏水多発でも短時間で修理できる。
- ③ 口径30 mm以下の塩ビ管継手の不断水補修具として世界初。

最終的目標はもちろん、製品化

- 1.75 MPaの水圧1分間で漏水ゼロ※
- 10～20年間の埋設に耐える必要あり
- 安価であるとうれしい（現場より）

※ [給水装置の構造及び材質の基準に関する省令](#)（平成九年厚生省令第十四号）
第一条（耐圧に関する基準）第一項



ちょっと待った、

Q. 不断水補修具は、本当にないのか。

A. 本当にない。

1. 筒状の補修具：**断水が必須**



LAカップリング、(株)リケンほか
伸縮継手、(株)クボタケミックスほか
SKXソケット、(株)川西水道機器
フレキシブルカップリング、(株)アフェクト

2. 管体用の補修具：**継手ひび割れは対象外**



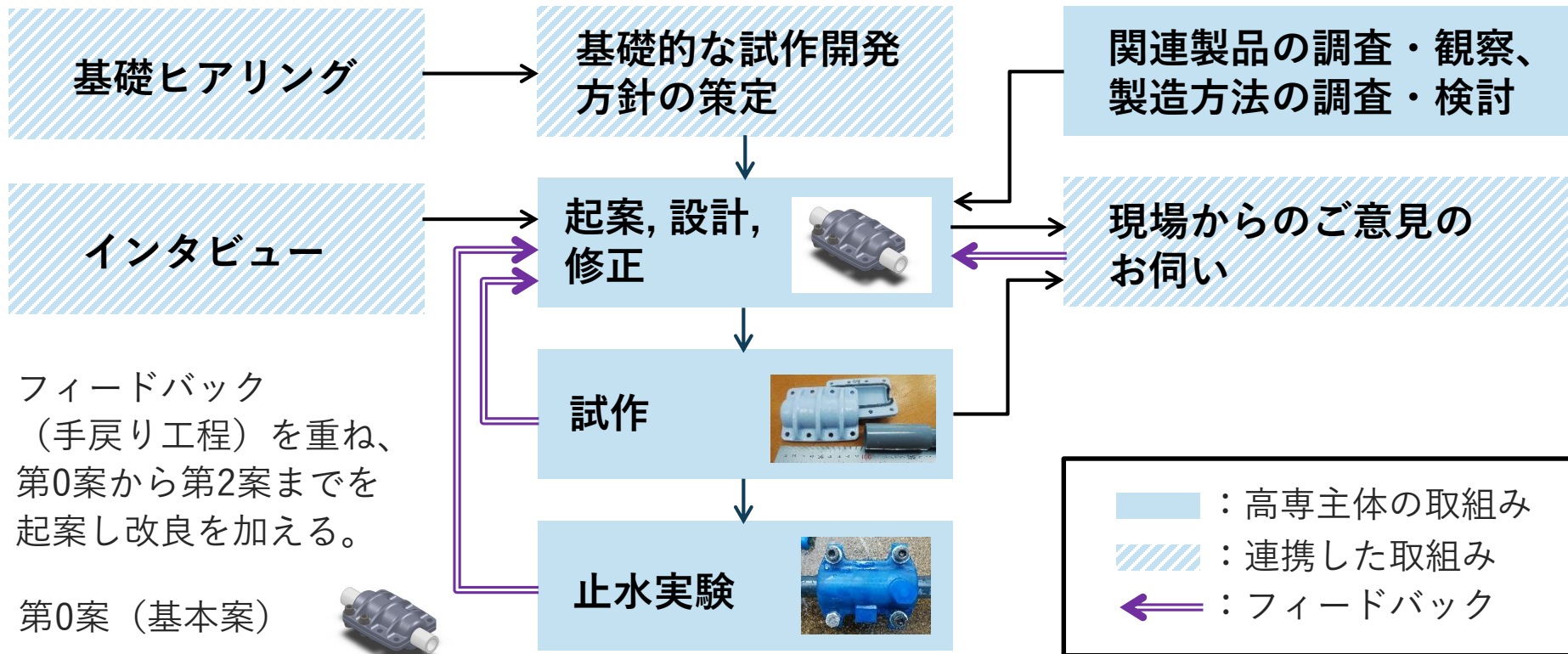
補修バンド、(株)日邦バルブ、(株)タブチ
圧着ソケット、児玉工業(株)
修理用クランプ、(株)日邦バルブ・米Romac社
ストラブクランプ、ショーボンドマテリアル(株)
アトムズカップリング、(株)アトムズ

3. 継手用の補修具：**口径30 mm以下がない**



フクロジョイント、大成機工(株)
VPプロテクター、コスモ工機(株)
これらは口径40 mm以上
DD-バックル、(株)土井製作所・英Kibosh社
これは銅管の一時補修用

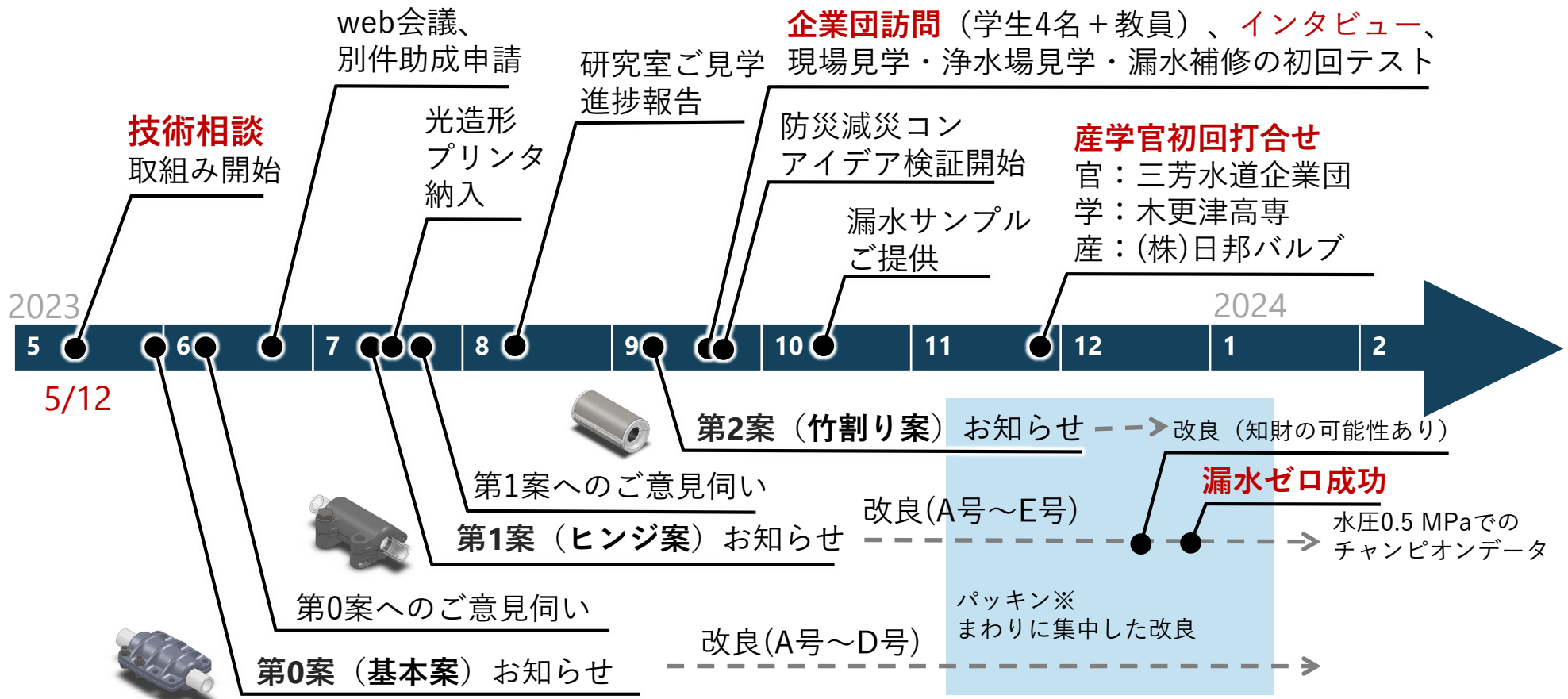
試作開発プロセス



なお、上記以外には、漏水補修の統計情報の整理、3Dプリンタの導入・造形条件割り出し・保守・改良、設計後のFEM解析、材料の選定・評価、各種資料作成、安全確保の検討と対処、資材予算管理などがある。

スケジュール

水道企業団のご担当者とは電話/メール/web会議で随時連絡を取り進めてきた



※より正確には「ガスケット」ですが、ステークホルダーでの通常の呼称にならない「パッキン」で記載しています。 7

最初期案に対する

現場からのご意見の例 (2023 6/6)

扱いやすさ

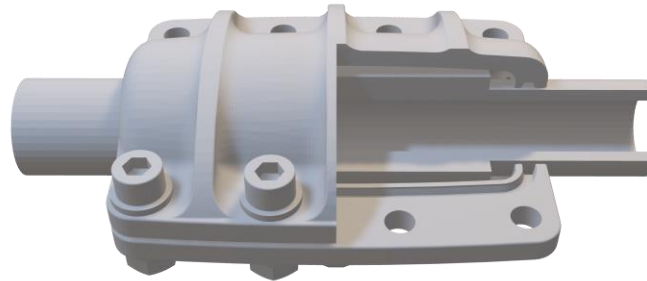
めねじ部は独立ナットではなく、埋込みナットなどにしてほしい

ボルトはできるだけ少なくしてほしい

ボルトの周りには平らな部分を設けてほしい

情報・備考

ボルトは六角ボルトのほうが良い可能性もある



パッキン形状は2種類あり一長一短がある

1.75 MPaの静水圧に耐える必要がある

機能・ラインナップ

水抜き穴が必要かもしれない

一人での漏水修理でも使えるようにしてほしい

エルボやチーズにも対応してほしい

長い継ぎ手部に対して連結してつかえるとありがたい

仮固定の機構がほしい

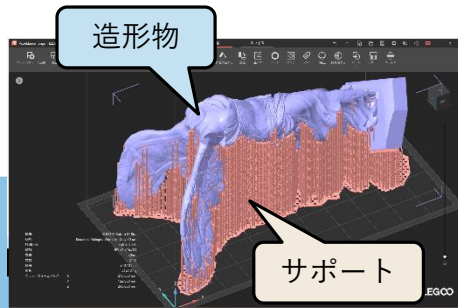
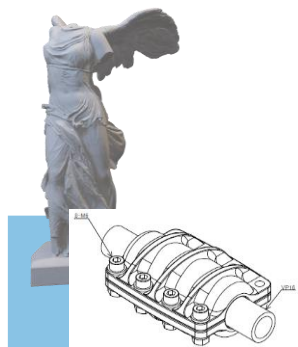
2つ割り構造ではなく、ヒンジのような構造にして扱いやすくしてほしい

ずれにくい構造を検討してほしい

管に食い込む機構があるとよい

全てを反映することは難しいものの、設計にあたり貴重な情報となった。

とてもざっくりとした 試作の手順



光造形3Dプリンタは低温に弱く冬は温度管理が必要



(1) 3Dデータ用意

(2) 造形用データ作成

(3) UVレジン
の温度管理

(4) 造形開始・終了
(この例は所要5時間ほど)



完成

(8) 追加工
・組立て



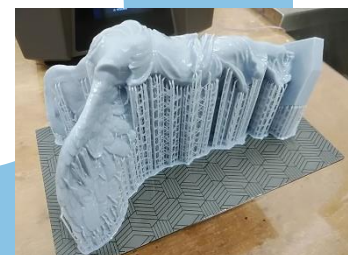
(7) 二次硬化



(6) 洗浄・乾燥



(5) 取り外し・ふき取り



実地訪問、インタビュー (2023 9/20)

館山市役所敷地内にある三芳水道企業団事務所において



実地訪問、インタビュー (2023 9/20)

南房総市富浦町南無谷の漏水現場にて



付近には掘って埋めた跡がありました



聴診棒という道具で漏水の音を聞き、場所を特定します。
全然聞こえませんでした。

実地訪問、インタビュー (2023 9/20)

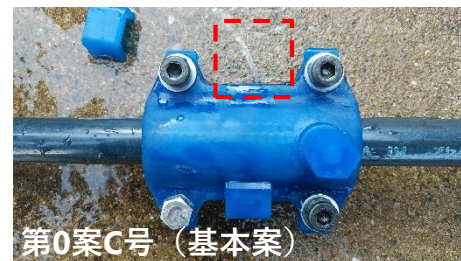
三芳水道企業団 山本浄水場の資材倉庫にて



資材倉庫を見学させていただきました。修理用具がたくさんあります。



第1案C号 (ヒンジ案)



第0案C号 (基本案)



第2案C号 (竹割り案)



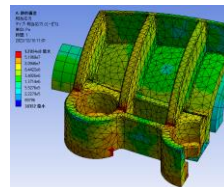
口径40 mm用の市販の不断水補修具、鋳物でずっしり重いです。

初回での漏水補修はやはりいずれもだめでした。

実験用配管をいただきました。

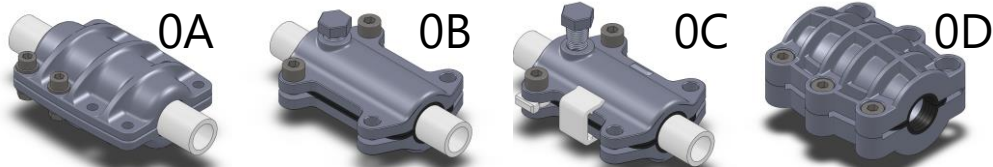
考え・作り・試し・壊す

FEM解析
も少々



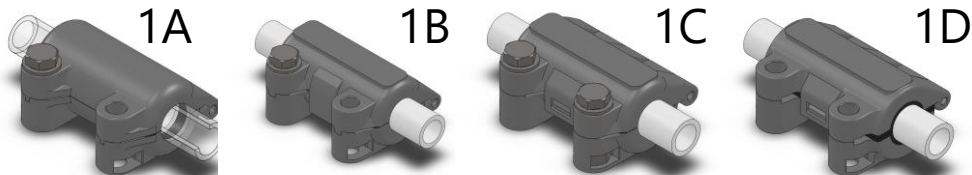
第0案（基本案）

市販の不断水補修具に近い、基本的な形状



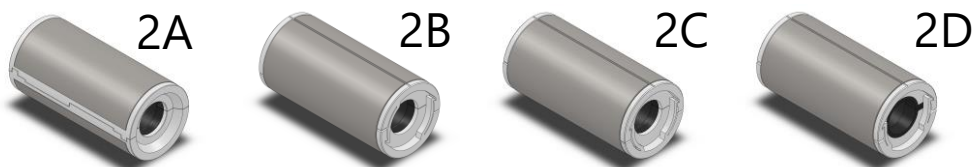
第1案（ヒンジ案）

ねじが片側のみの構造で扱いやすいと一番人気



第2案（竹割り案）

単クランプで留めることを考えた構造



チャンピオンデータ

12月下旬、ヒンジ案E号を用いて
0.5 MPaで1分間漏水ゼロに成功した。

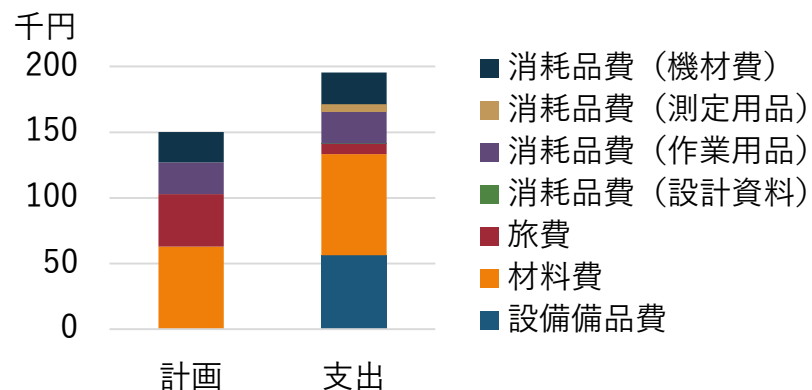
製品化に関わる件があるかもしれないために、
工夫の詳細については割愛させていただきます。



予算の計画と支出

防災減災コンテストの助成

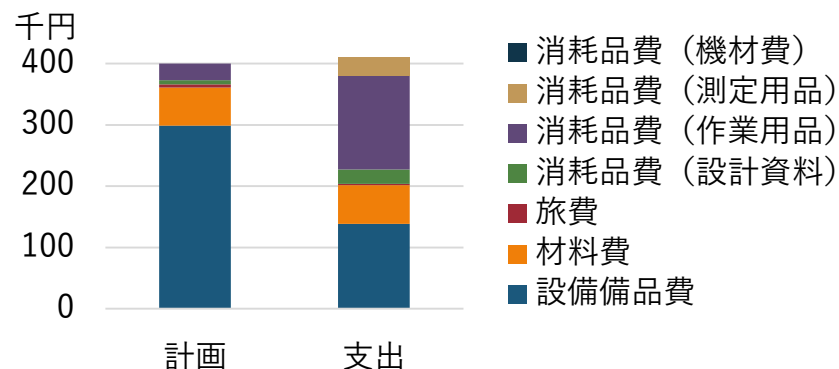
- 予算150千円に対して支出195千円
赤字分は教員研究費から補填
- 設備備品費（20千円以上）内訳：
サーモグラフィー 56千円
- 設備備品費は他経費と分配支出
- UVレジンはおよそ0.7~1.4万円/kg



他の助成

木更津高専技術振興交流会
地域課題への取り組みに対する助成

- 予算400千円に対して支出411千円
- 設備備品費（20千円以上）内訳：
3Dプリンタ 78千円
空気清浄機 36千円
洗浄・二次硬化機 24千円
- 消耗品例：3Dプリンタ保守部品、
無水エタノール、防毒マスク



まとめ

できたこと

1. 困難な現場の比較的深い理解と共感
チャンピオンデータ すなわち 外れ値ではあるが
2. **0.5 MPaの水圧1分間で漏水ゼロ達成**
3. 取り組みや試作の効果もあり、
補修具メーカーとの連携体制

今後を目指すこと

1. 1.75 MPaの水圧1分間で漏水ゼロ
2. ソケット継手以外や他口径への対応
3. その他、製品化に向け必要な開発



プロジェクト試作品や設計資料 (全てではない)

謝辞

- 防災科研 横山様、内山様、皆様 にご支援いただきましたこと、御礼申し上げます。
- また、当該コンテストにおける学生活動の助成および技術振興交流会の助成につきまして、御礼申し上げます。