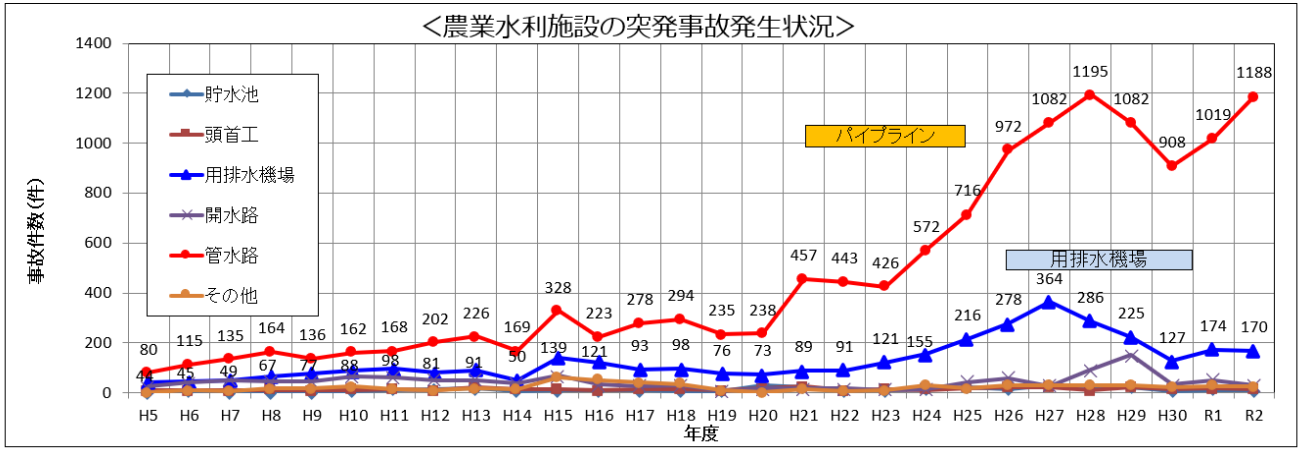
令和5年度　農業土木事業協会中央研修会
2023年11月

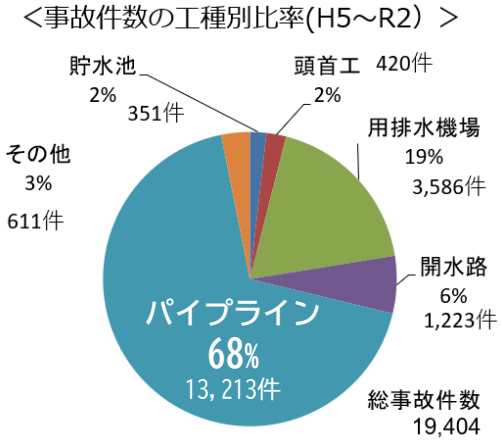
漏水探査装置による農業用パイプラインの新たな漏水探査システム

農研機構 農村工学研究部門
森　充広

パイプライン漏水探査の現状と課題

施設の**老朽化**の進行、突発事故の増加、事故の**約７割**はパイプライン





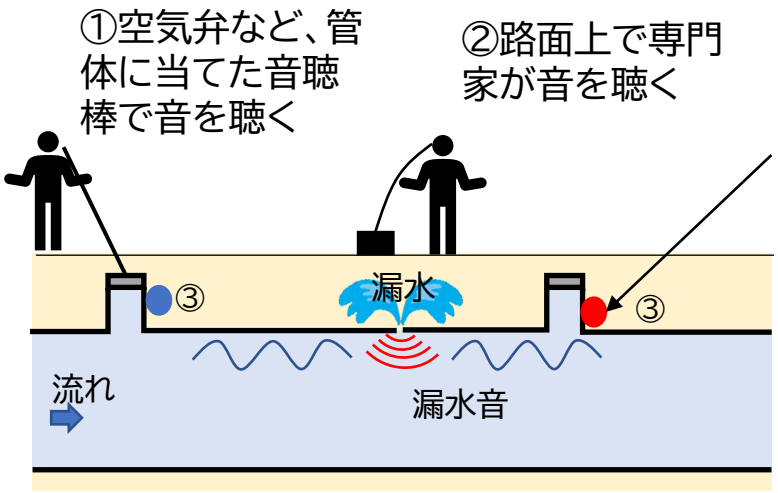
農業用パイプラインの特徴

- 管種が混在、管径も多様、水頭100mを越える高圧配管も存在
- **制水弁・空気弁が少ない**（500mに1箇所程度が基準）
- **道路下埋設でない路線**（山地・農地）が存在
- **曲がり管、サイホン**の存在
- 埋設深が深い

他分野および従来の調査技術の課題

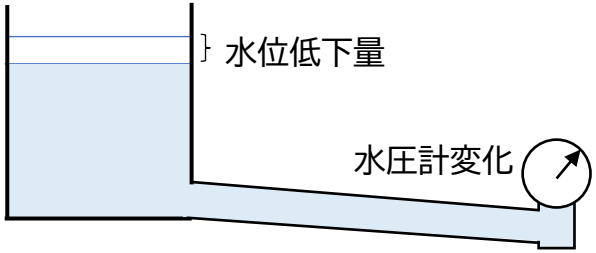
- 水道施設では、漏水地点で発生する**「漏水音」を聞き取る調査**が一般的（音聴法、音聴棒など）

- パイプラインでは、**「水張り試験」**による一次的な診断が基本



③2点に設置した振動センサーに到達する漏水音波形の相関性から、それぞれのセンサーまでの漏水音到達時間を算定し、漏水位置を特定

④水張り試験
一定時間止水したときの貯水槽の水位変化や、空気弁に設置した水圧変化から、漏水の有無や量を算定する。ただし、場所は特定できない。

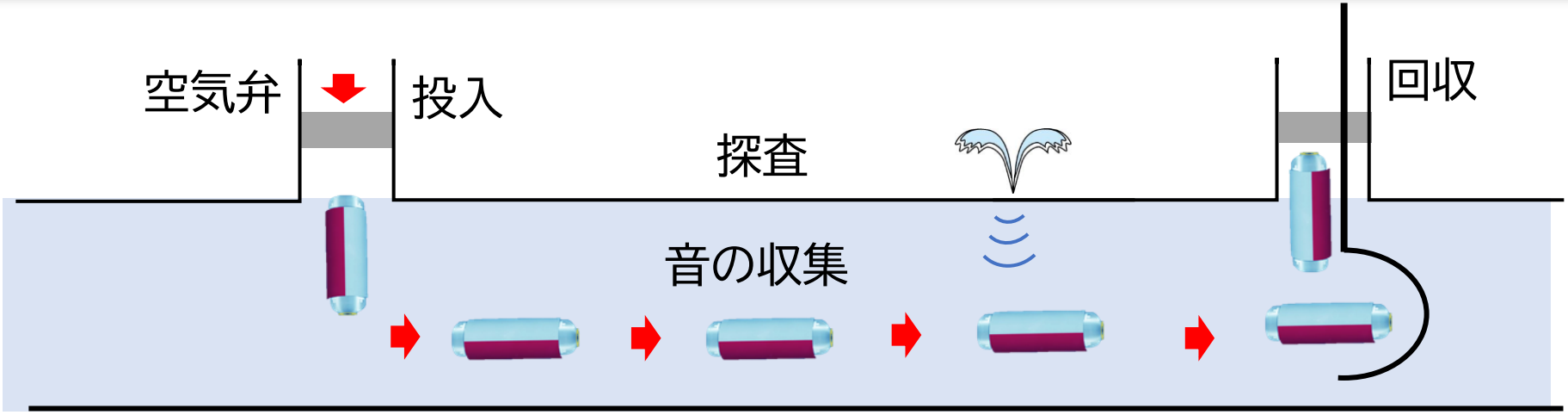


①音聴棒

②音聴法

③相関法

漏水探査装置による調査法の開発コンセプト



目標スペック

- 人が入れないφ800mm未満を対象
- 空気弁（φ75mm以上）からの投入・回収
- 漏水位置推定精度：4m以内（管1本）
- 適用流速：0.2～0.5m/s
- 適用水圧：1.0MPa以下

回収装置が未完成であったことから、出口が開水路となっているパイプラインやサイフォンでの実証試験を行いつつ、開発を継続。

これまでの漏水探査システムの課題

農研機構 NARO

1. 回収装置が未完成

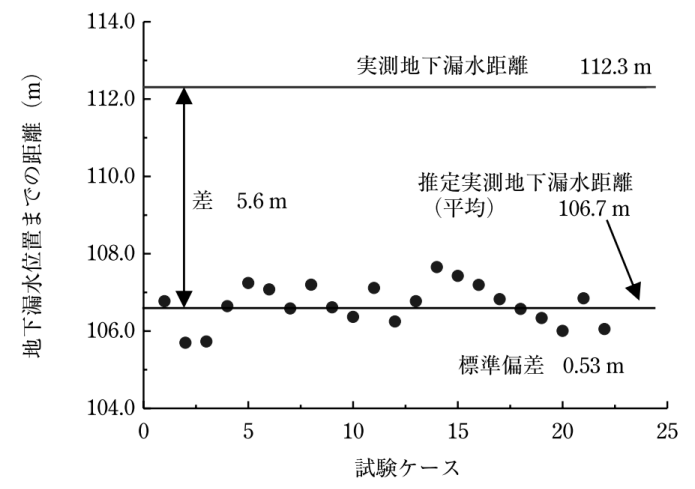
- φ75㎜以上の空気弁（ボールバルブ）からの取り出しを行うための装置の開発が必要。

2. 試験中、漏水探査装置の現在位置が分からない

- 発射後、管内流速を頼りに、漏水探査装置のおよその位置を推定するしかない。

3. 漏水位置の推定精度が、流下させる距離に依存

- 漏水探査装置の移動速度（≒流速）に時間（発射から漏水音が聞こえた時間）を乗じて、投入口から漏水地点までの距離を計算し、漏水位置を特定。
- 農工研の漏水フィールド試験では、位置推定精度は流下距離に対して5%



漏水フィールドの試験結果

投入口からの実測112.3m
⇒　移動速度から求めた位置は106.7mと推定(約5%のずれ)

流速が移動速度と一致しないためか？

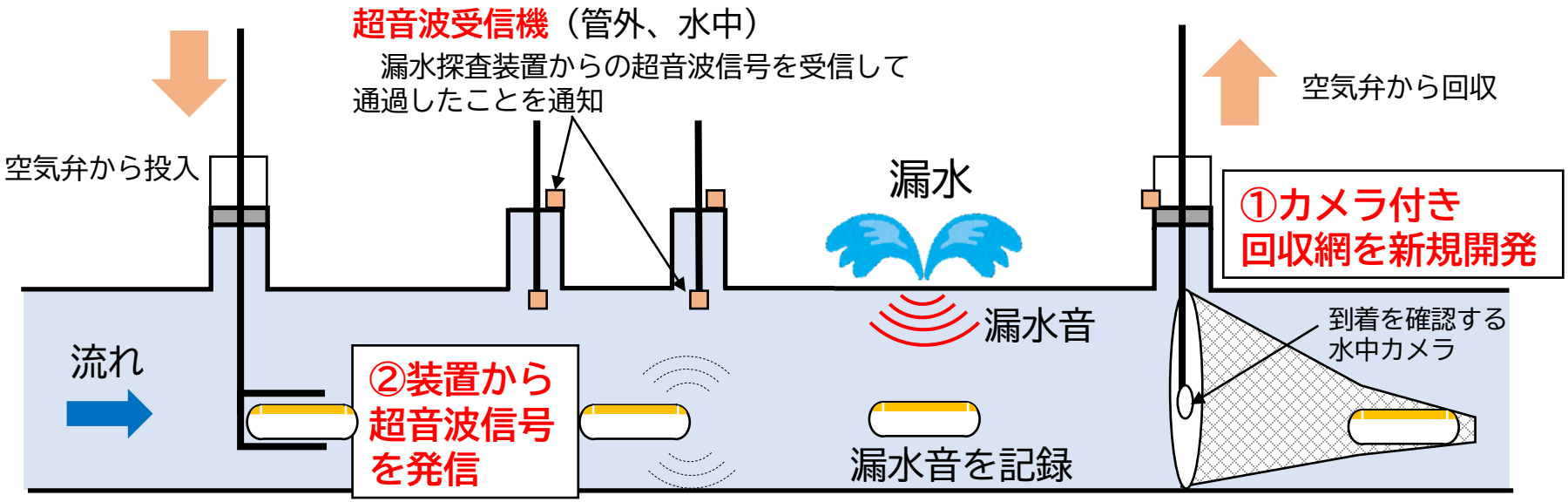
農業用パイプライン

空気弁間は500m
⇒ずれは25m

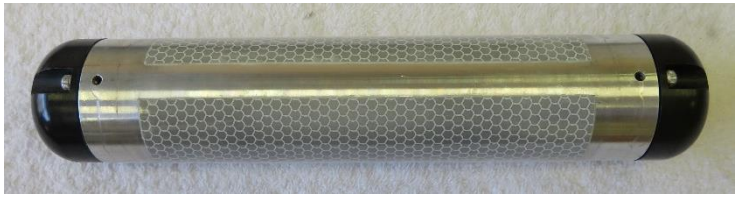
中嶋ら(2018):管水路のカプセル型漏水探査装置の開発、農業農村工学会誌、86(6)

「新たな」漏水探査装置による調査法

水中マイク（ハイドロフォン）を搭載した装置を流水中に放流し、**パイプライン内の音を記録**することにより、**漏水の有無**や**位置**を調査する方法。



管径800mm未満（法令上、人が入れないパイプライン）が対象



本体（280mmタイプ）
ハイドロフォンは両端に設置

通過時の波形

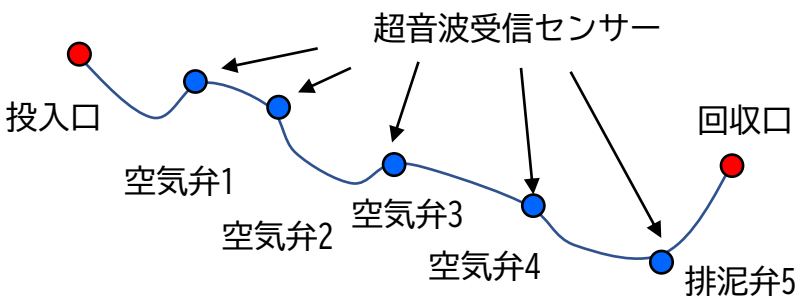
超音波受信機
センサーを水中部に設置するタイプ

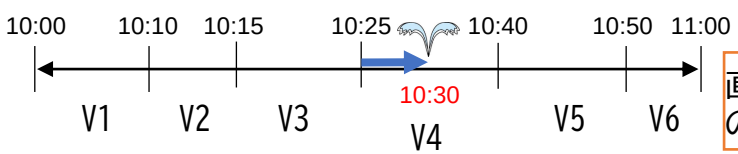
課題に対する対応

1. **カメラ付きの回収網を新規開発**。φ75mm以上の補修弁からの取り出しに対応。

2. **装置から600kHzの超音波を発信**し、その超音波を管内外に設置する**センサーで受信**することにより、漏水探査装置の接近・通過が検出可能に。
   - 発射時刻と流速を入力すると、漏水探査装置の現在地を地図上で表示する**リアルタイムビューアを開発**。Webサイトで地上作業員が漏水探査装置の現在地を共有できる。

3. 超音波受信センサーの設置位置を「チェックポイント」とし、流下距離を細かく分割し、それぞれの区間移動速度で漏水位置を推定することにより、**長距離流下時の精度を向上**。





直近のチェックポイントからの時刻と区間流速で求める

これまで

投入時刻　10:00
回収時刻　11:00

平均移動速度　V[m/s]

漏水音が聞こえた時刻　10:30
漏水位置　投入口から
(V×30×60)m

改良版

		区間速度
投入時刻	10:00	V1
空気弁1	10:10	V2
空気弁2	10:15	V3
空気弁3	10:25	V4
空気弁4	10:40	V5
排泥弁5	10:50	V6
回収口	11:00	

漏水音が聞こえた時刻 10:30

投入口から空気弁3までの距離＋
V4[m/s]×(5×60)[sec]

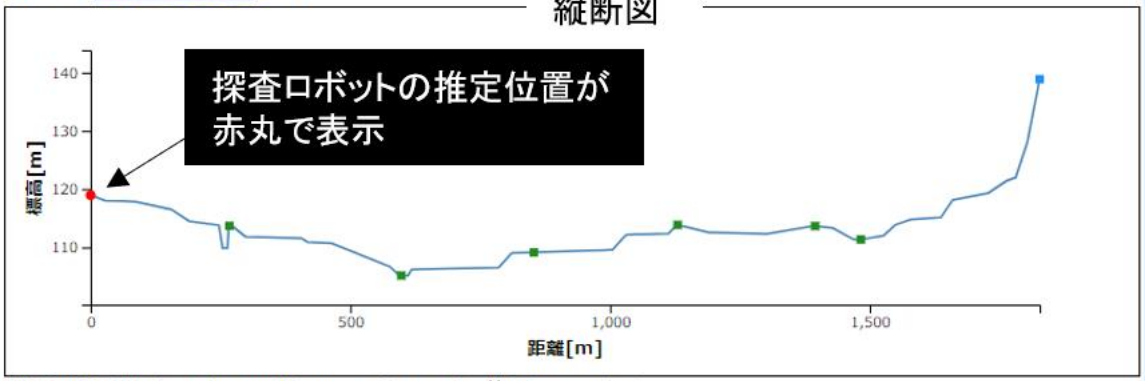
課題に対する対応

リアルタイムビューアの画面

■ リアルタイムビューア

出典は、「国土地理院」です。

縦断図



縦断展開図描画には"D3.js"(MITライセンス)を使用しています.

通過時刻を入力する

漏水探査装置　投入

探査装置投入

まっすぐな状態で投入

↓

水路内に入ると進行方向に90度回転し、
誤発射防止装置のロックが解除

↓

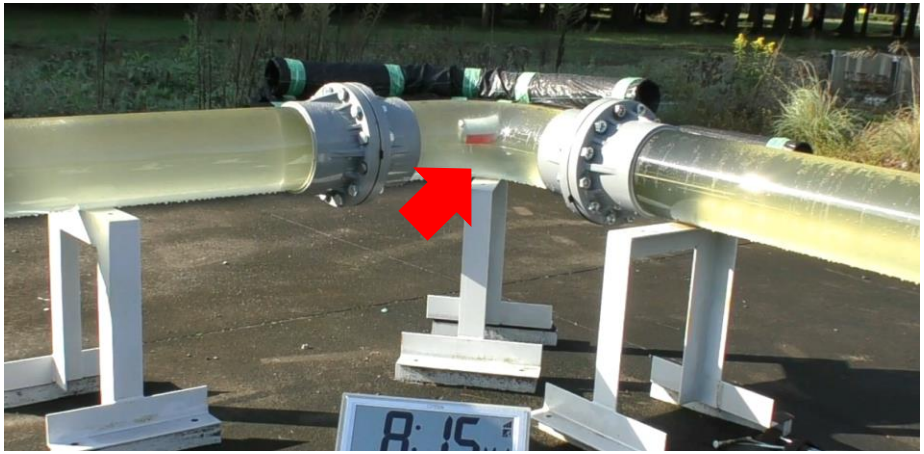
発射用ケーブルを引いて探査装置を発射

漏水探査装置　流下

流下状況

- 水と同じ比重に設定することで、パイプラインの中心を流下する。
- 泥、堆積物などがあっても障害にならない。また、**90度曲がり管**、**上り勾配**などでも水の流れがあれば流下可能。
- 流速0.3～0.6m/sが適用範囲※

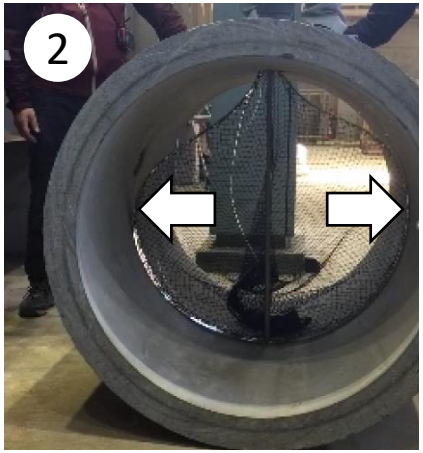
※ 流速が小さいと漏水探査装置が停止する可能性がある。流速が大きすぎると屈曲部で内壁に衝突する可能性があり、また回収時に挿入した回収網の抵抗が大きくなるため不適。



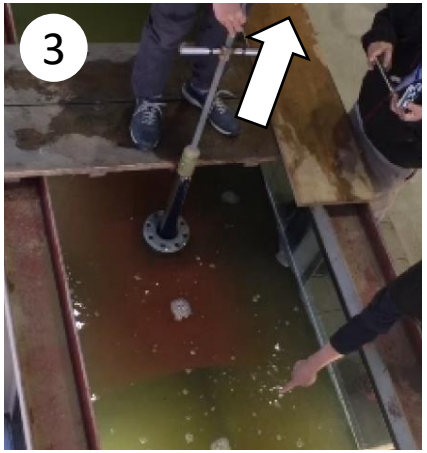
漏水探査装置　回収

管径に合った回収網を準備し、漏水探査装置の紛失を防止

管内に網を挿入



管内全周に網が密着

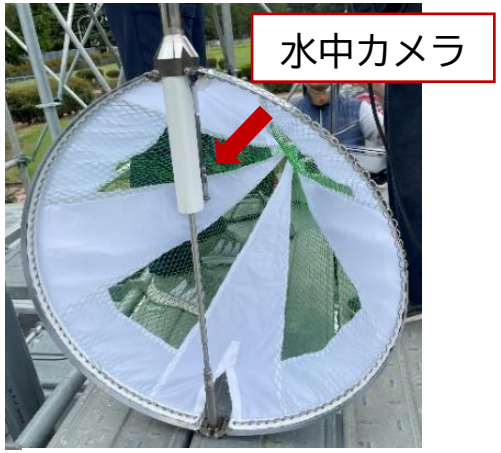


引き上げると折りたたまれてφ75mmの管から取り出し可能

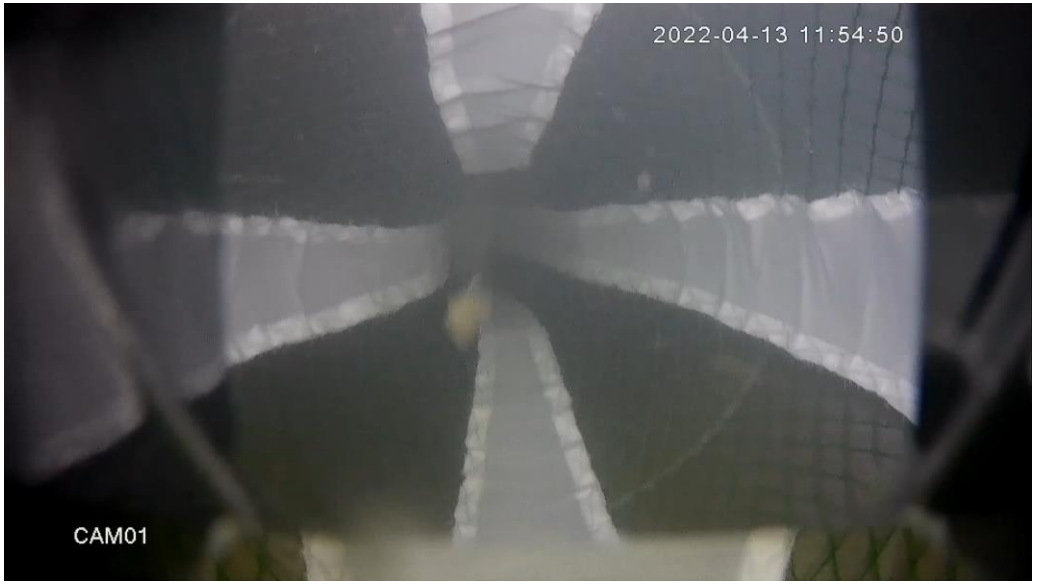
漏水探査装置　回収

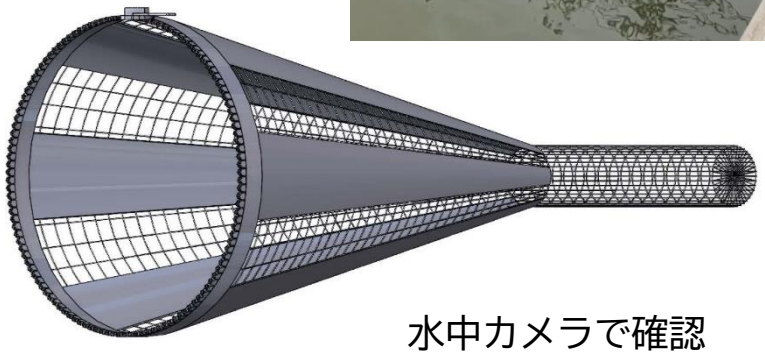
2022年度には、**水中カメラ**を搭載した回収網が完成。

探査装置の到着を**目視確認後**に引き上げが可能に。



管径600㎜用の回収網





水中カメラで確認

今後の展開

1. 水張り試験後に漏水があることが確認された後の**位置の特定**

2. 機能診断における**漏水の概査**

3. ROV等で機能診断を実施するための**重点調査ポイントの絞り込み**

そのために

●施設管理者、機能診断の実務を担うコンサルタントに活用いただく仕組み
誰でも自由に使えるような形式での普及
使い方マニュアルの作成

●パイプラインの状態監視に向けた新たな基準
探査装置やROVによる機能診断を想定した「**機器投入口**」の設置
空気弁（補修弁）の統一など