

血管のようなヌルヌル柔軟弾性管と 簡単・瞬時に着脱できる コネクタ付きチューブ



北見工業大学

工学部地球環境工学科

エネルギー総合工学コース

准教授 松村 昌典

2022年9月27日

- 臓器灌流に関する新技術を旭川医科大と共同研究
 - ・臓器灌流: ドナーから摘出した肝臓, 腎臓などの移植用臓器に人工血液を流すこと(移植臓器の長期保存や活性化に寄与)
- 移植臓器の血管と灌流装置のチューブの接続に必要な技術
 - ・ヌルヌルして滑りやすく、管壁が薄くて弾力のある血管でも確実に接続できること
 - ・簡便で迅速な着脱ができること
(着脱に時間がかかると臓器の鮮度が落ちる)
 - ・血管への物理的ダメージが少ないこと
(移植に使える生体部分が少なくなると、移植が難しくなる)

これまでの成果と今後の展望

- バルーンカテーテルを用いた臓器灌流用コネクタの開発に成功
 - 特許出願(国内, 米国)



- 臓器移植時の臓器灌流用コネクタの実用化
- 臓器移植以外の医療用途の開拓
(呼吸器, 循環器, 泌尿器, 人工心肺, 人工透析等)
- 工学的な用途の開拓
(例えば)

本説明会
の目的

本日の発表内容

1. バルーンカテーテルを用いた臓器灌流用コネクタの開発プロセス

現時点では、工学的用途が不明確なため、臓器灌流用として開発してきたプロセスを具体的に説明させていただきます。

この開発プロセスの中から、工学的な応用のヒントを見つけていただければ幸いです。

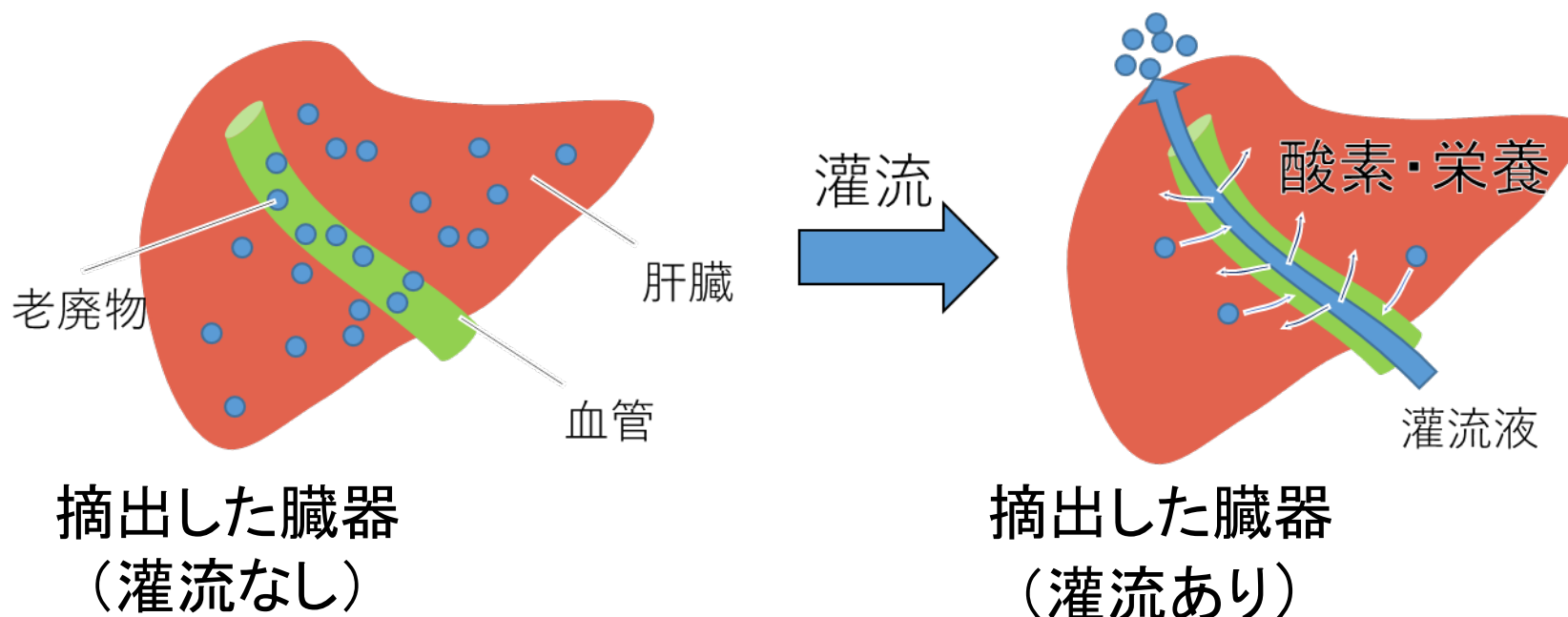
2. 臓器灌流以外の用途について

本開発コネクタの特徴(長所, 短所)を明確にし、臓器灌流以外の用途について検討します。

臓器灌流とは？

臓器灌流保存：

臓器をドナーから取り出したあと、移植するまでの間、その臓器に灌流液を流す保存技術



臓器の保存・再生に有効

臓器灌流のメリット

ドナーから摘出した臓器の保存方法

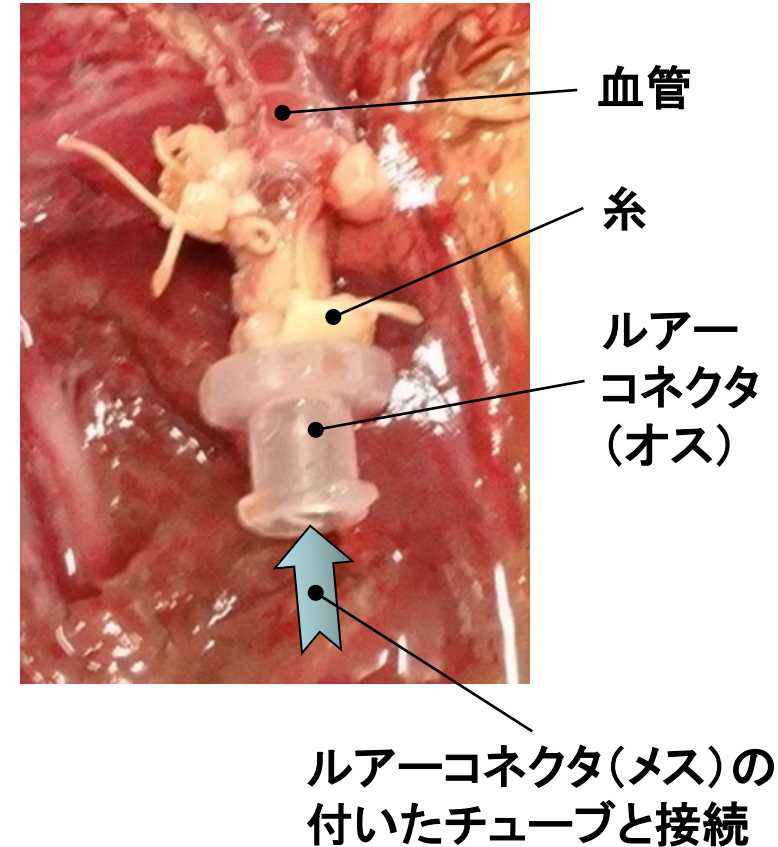
臓器保存法	特 徴	
単純冷却 (現状)	○ 簡便	国内臓器移植の ほぼ100%が使用
	× 臓器の劣化が早い	移植成功率の低下 長時間保存に不適
	× 機能低下している 臓器は移植できない	移植臓器不足の一因
臓器灌流	○ 保存による臓器の 劣化が無い	移植成功率の向上 長時間保存可能
	○ 機能低下している 臓器でも再生する 可能性がある	移植臓器不足の改善
	× 灌流自体による 損傷	国内で実用化されていない (海外には製品あり) 国内で開発されたコンパクトな 臓器灌流装置の強い要望あり

臓器に灌流装置を接続する際の課題

- 現行方法：
血管に挿入したルアーコネクタを
糸やクリップで縛る

- 問題点：

1. 結紮に熟練と手間を要す
(時間がかかる → 臓器が劣化する)
2. 結紮部の生体組織が破壊される(壊死)
(移植を受ける患者の血管との接続が難しくなる)



血管接続用コネクタに要求される技術

● 血管の特性（課題）

- ・ヌルヌルして滑りやすい → コネクタが抜けやすい
- ・管壁が薄い → → → → → 破れやすい
- ・柔軟で弾力がある → → → 力を加えると簡単に伸びてしまう
- ・太さには個人差がある → → 手術するまで太さが確定しない

● 技術的な要求

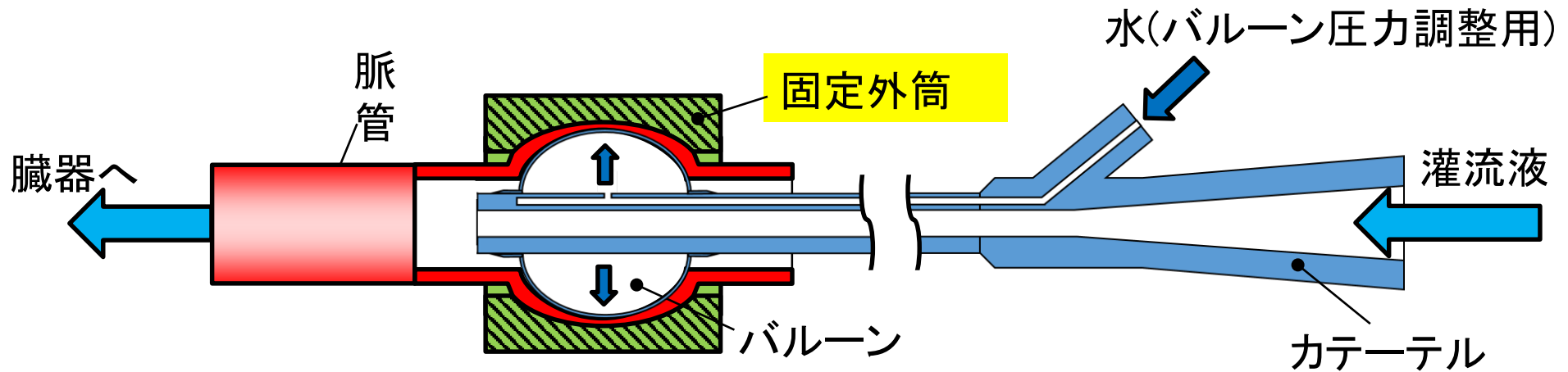
- ・漏れの無い確実な接続ができること → コネクタの基本
- ・迅速な着脱ができること → → → → → 臓器の劣化防止
- ・熟練を要さない → → → → → → → → → 誰でも使える
- ・血管への物理的ダメージが少ないこと → 利用可能部位を残す
- ・血管太さの許容範囲が広いこと → → → 現場対応のしやすさ

バルーンカテーテルをコネクタに応用



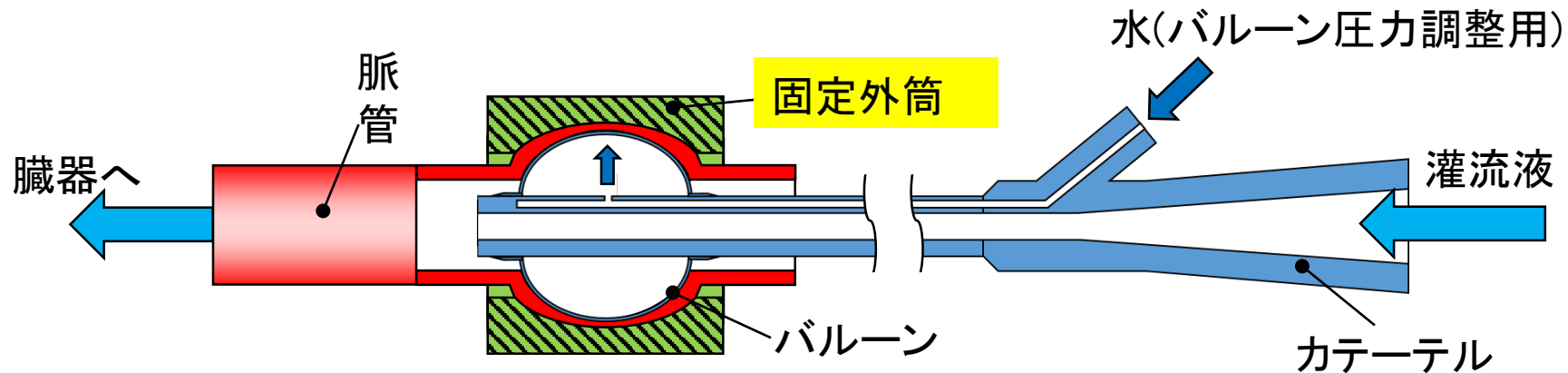
血管は簡単に膨張し、ヌルヌルして滑りやすく抜けやすい

バルーンカテーテルを用いた臓器灌流用コネクタ概略



バルーンカテーテル + 固定外筒

バルーンカテーテルを用いた臓器灌流用コネクタ概略



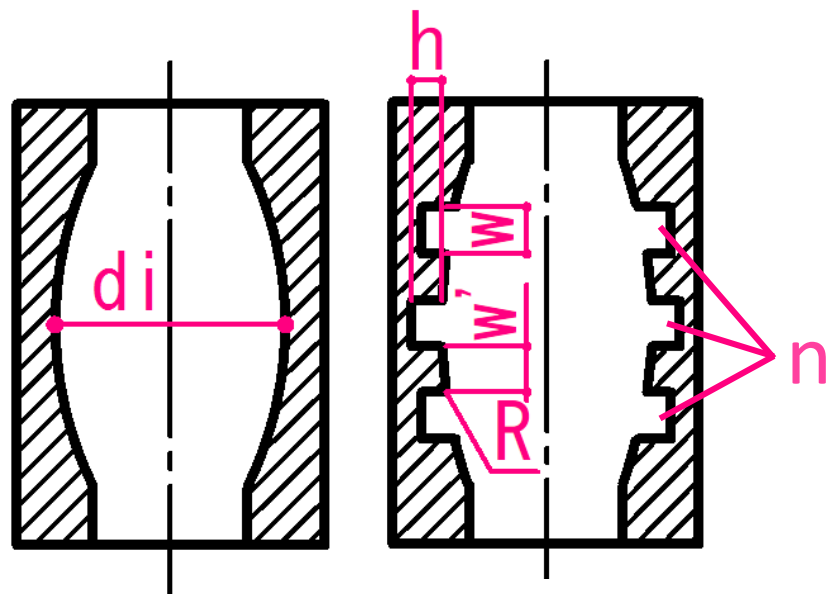
研究目的

- ・着脱が簡便(迅速性)
 - ・漏れにくさ、抜けにくさ(確実性)
 - ・生体組織へのダメージ小
- } バルーン圧のON/OFFによって得られる
- } 固定外筒によって得られる

固定外筒の最適形状を明らかにする

固定外筒モデル

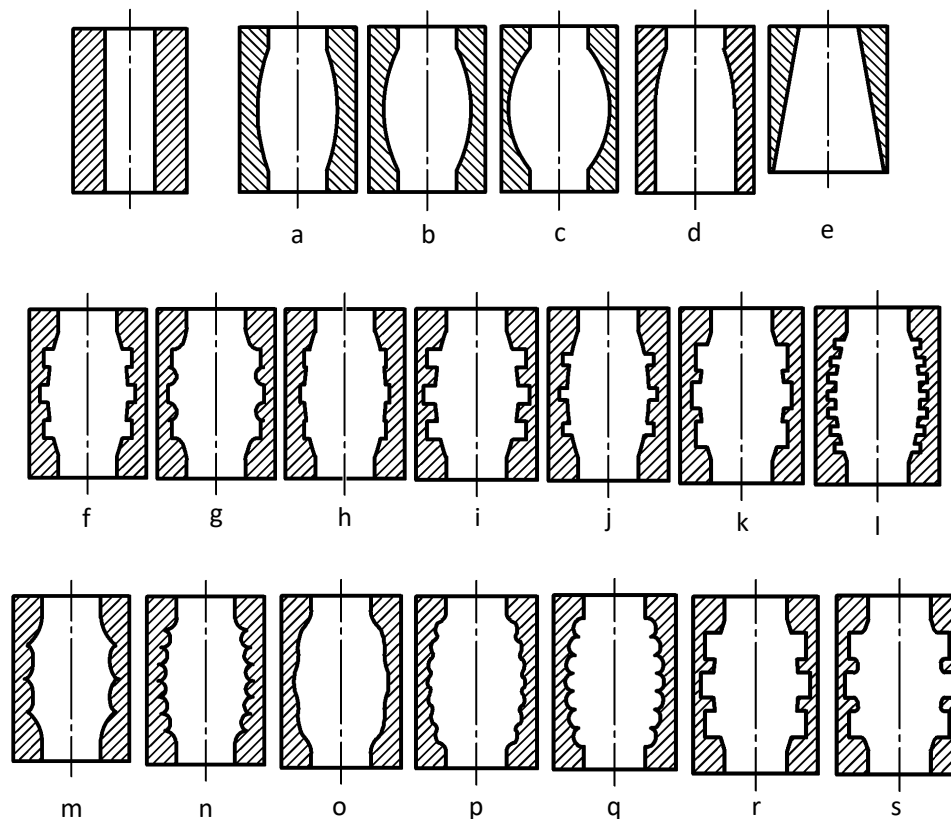
固定外筒の内壁面形状パラメーター



d_i : 中央部内径
 w : 溝幅
 R : 面取り寸法
 w/w' : 凹凸比

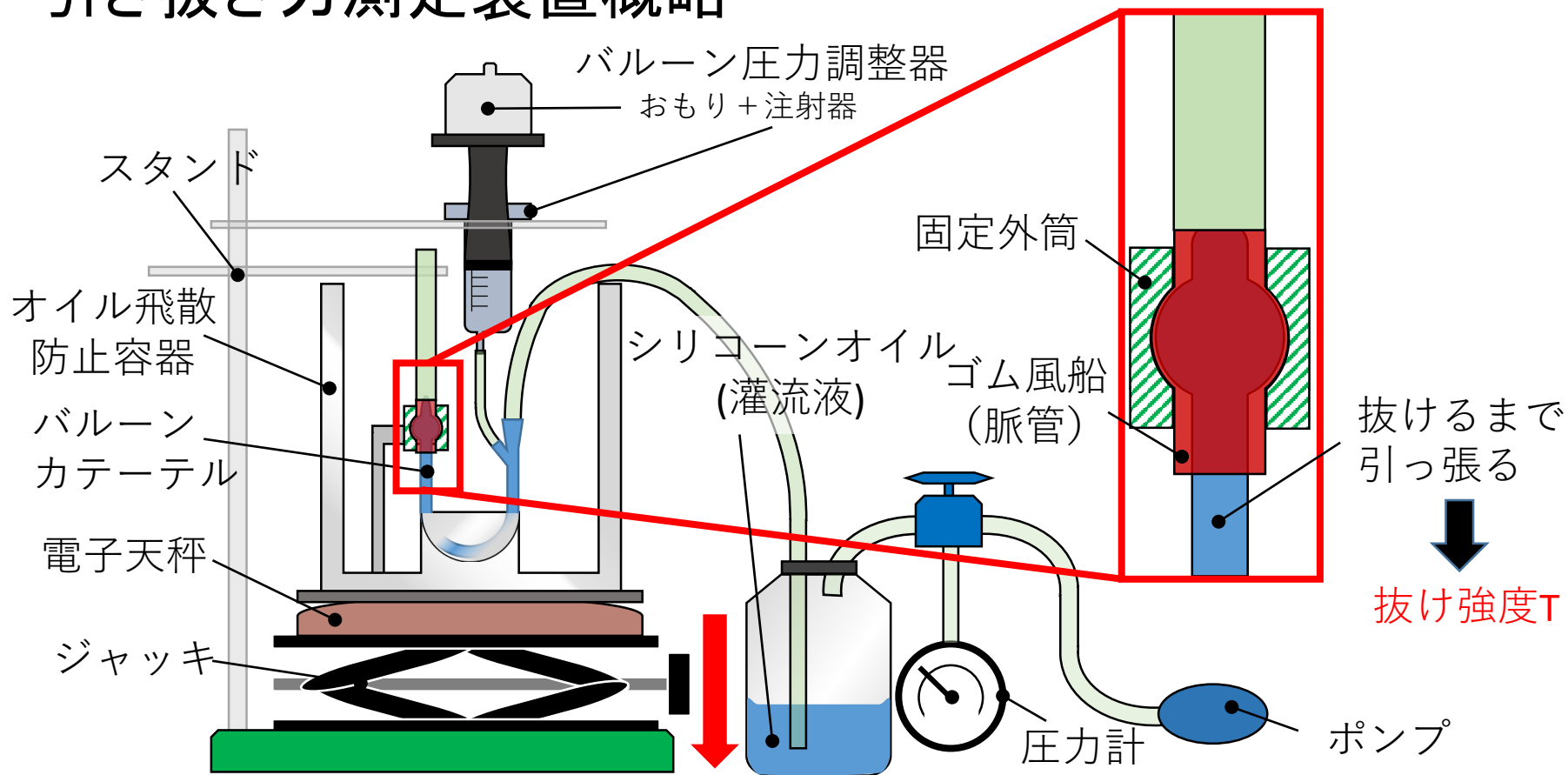
h : 溝深さ
 w' : 凸幅
 n : 溝数

実験モデル



コネクタ引き抜き試験

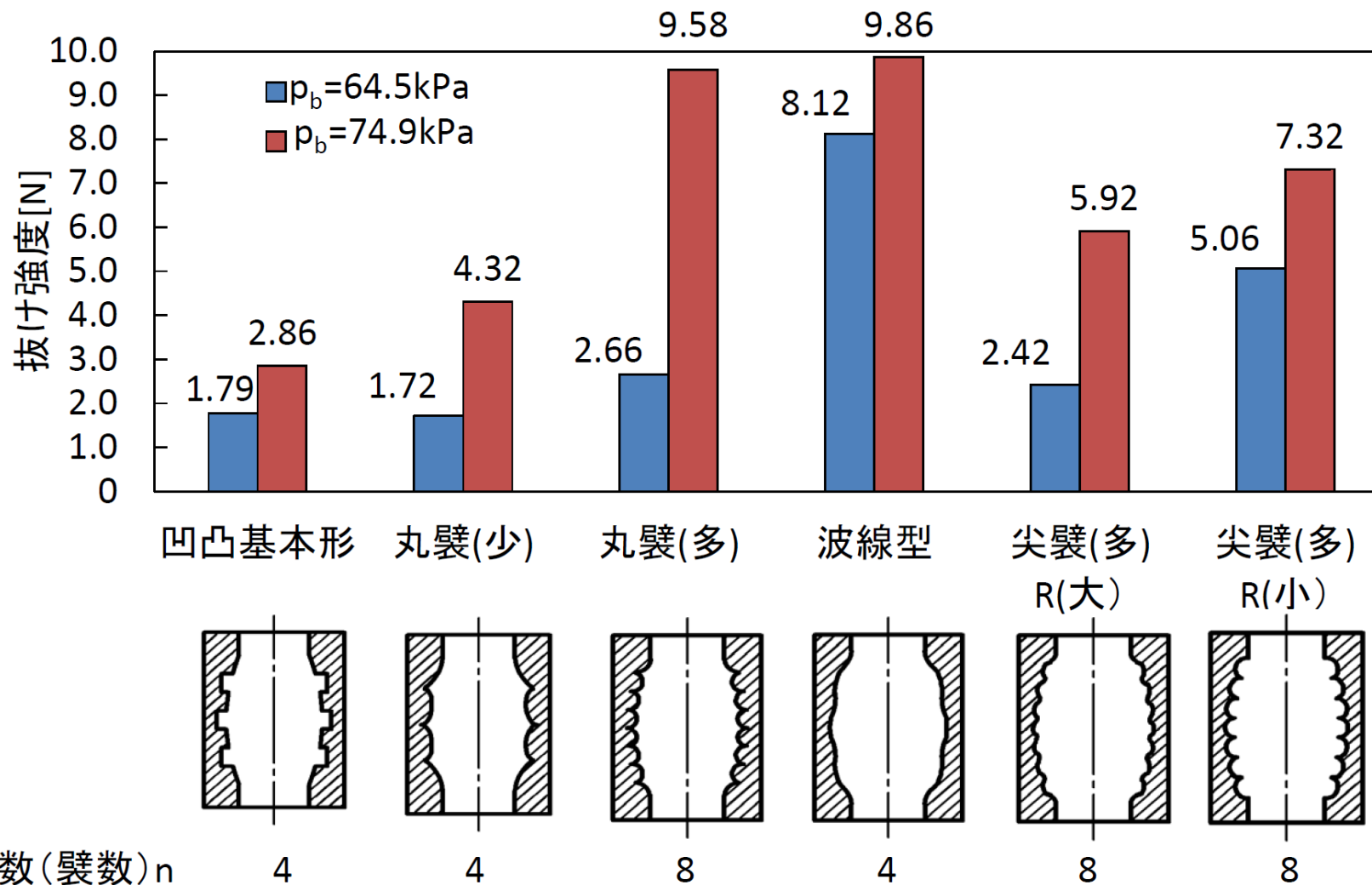
引き抜き力測定装置概略



脈管の代用として
ツイストバルーンを使用

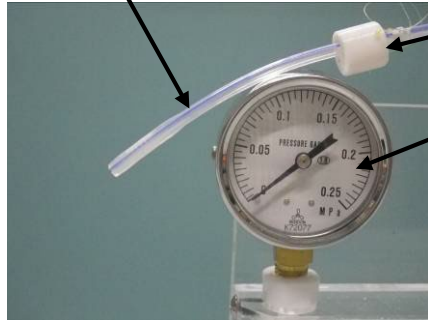


固定外筒モデルの抜け強度



開発コネクタの動作実証

バルーン
カテーテル



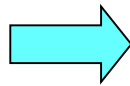
外筒体

バルーン
圧力計

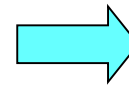
バルーンに圧力注入 (CO₂)



血管を模したゴムチューブ



ゴムチューブを
バルーンカテーテルに差し込む



外筒体をバルーンの位置に
スライドして圧力を注入

強い力で
引っ張る



圧力が注入されている
状態では、ゴムチューブを
引っ張っても抜けない

圧力を抜けば、簡単に
ゴムチューブは抜ける



開発したコネクタの特徴

● 被接続管の特性に対する特徴

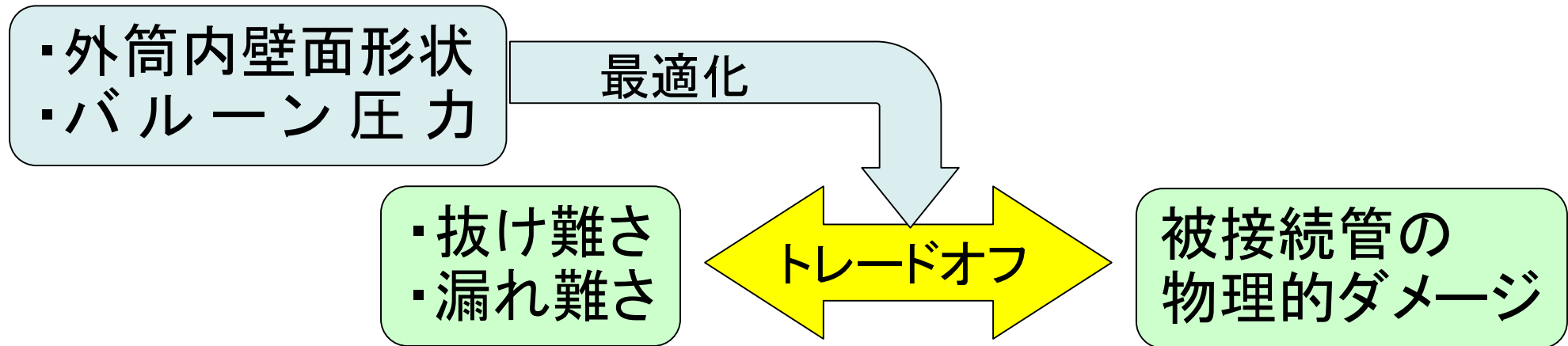
- ・ヌルヌルして滑りやすい → → 漏れの無い確実な接続ができる
- ・管壁が薄くて破れやすい → → 問題なし
- ・柔軟で弾力がある → → → 問題なし
- ・太さが現場で変化する → → バルーンの膨張で対応

● 技術的特徴

- ・バルーン圧のON/OFFで迅速な着脱ができる
- ・接続作業が簡単で熟練を要さない
- ・被接続管への物理的ダメージが少ない
- ・バルーンの膨張によって被接続管の太さの許容範囲が広い

企業への期待

- 臓器移植以外の医療用途への実用化
(呼吸器, 循環器, 泌尿器, 人工心肺, 人工透析等)
- 工学的な用途のご提案
- 共同研究の実施
被接続管に対する最適な固定外筒形状と圧力の検証



- ライセンス契約を基にした事業化

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称：コネクタ及び流体供給システム
- 国際出願番号：PCT/JP2018/010221
- 出願人：北見工業大学，旭川医科大学
- 発明者：松村 昌典，他5名

特許出願の経緯

- 2017年 JST 大学等知財基盤強化支援
＜人的サポート＞（発明相談）にて特許性が認められた
国内出願（特願2017- 67202）
- 2018年 JST 大学等知財基盤強化支援（権利化支援）
[PCT出願前の新規申請]に採択
PCT国際出願
(PCT/JP2018/010221)
- 2019年 JST 大学等知財基盤強化支援（権利化支援）
[指定国審議依頼]に採択
日本（特願2019-509252）と米国（16/499,004）に移行手続き
- 2022年 国内 特許登録 特許第7057979号
米国 オフィスアクション（1回目）に応答中

お問い合わせ先

北見工業大学

知的財産センター（研究協力課）

TEL : 0157-26-9152

FAX : 0157-26-9155

e-mail : chizai@desk.kitami-it.ac.jp