

液化水素流量計測技術の開発

岩谷産業株式会社

背景／研究目的

液化水素はロケットの極低温推進薬等に用いられており、クリーンエネルギーとしても注目を浴びている。液化水素はあらゆる分野への適用が想定されており、適切に計量（流量計測）するニーズが高まっている。宇宙においては、月面軟着陸機等への液化水素供給には蒸発損失低減のための高度な流量制御が必要であり、また地上では、液化水素輸入基地、大型FCV、水素航空機等への液化水素移送時に高精度な液化水素の流量測定が必要である。そこで本研究では、極低温流体である液化水素に適用可能な、流量計測技術の開発を行っている。



Fig. 1 月面探査ローバーと液化水素輸入基地

現在、液化水素の計量は主にロードセルを用いた重量測定、差圧式液面計が使用されている。しかし、液化水素を燃料とする車両への充填時に必要な充填量のリアルタイム測定が難しいことや測定精度に課題があるため、高精度な液化水素流量計測技術が求められている。

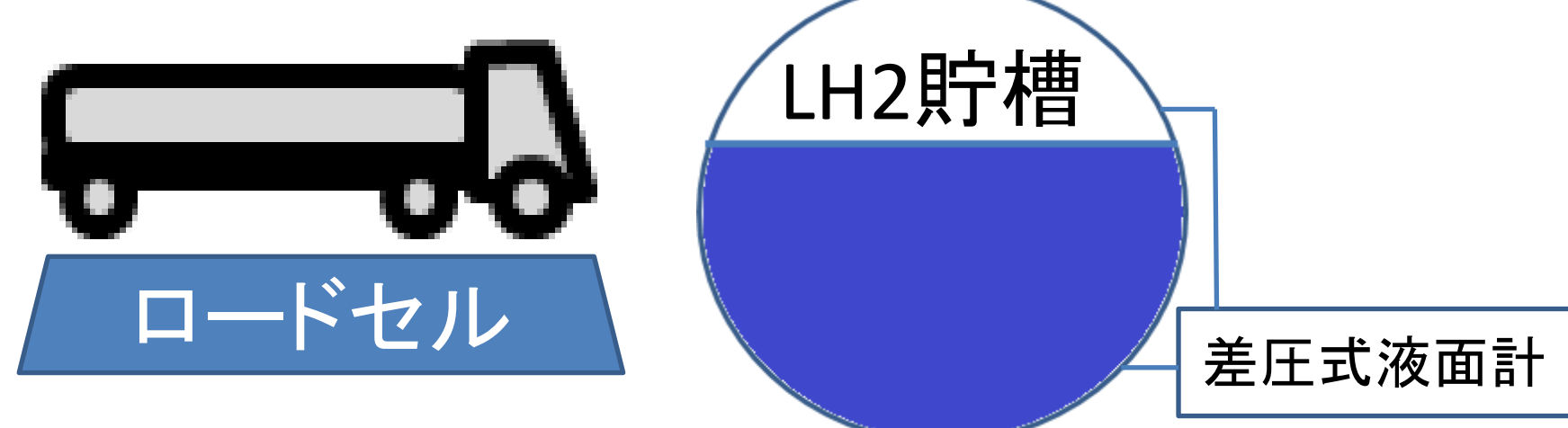


Fig. 2 既存の液化水素計量方法

そこで、本事業では、液化水素の流量を高精度に測定できる流量計測技術の開発を実施する。

技術課題／対応策

高精度な液化水素流量計測が実現できない原因の一つとして、液化水素が気液二相流の状態で流通することが挙げられる。液化水素は蒸発潜熱が小さく、侵入熱や管摩擦により容易に気化する。Fig. 3のように、車両へ液化水素充填を行う際、車両に充填された液化水素量を正確に測定するには、気相／液相割合を把握（ボイド率の測定）し、気液二相流中の液化水素の量を正確に測定する必要がある。

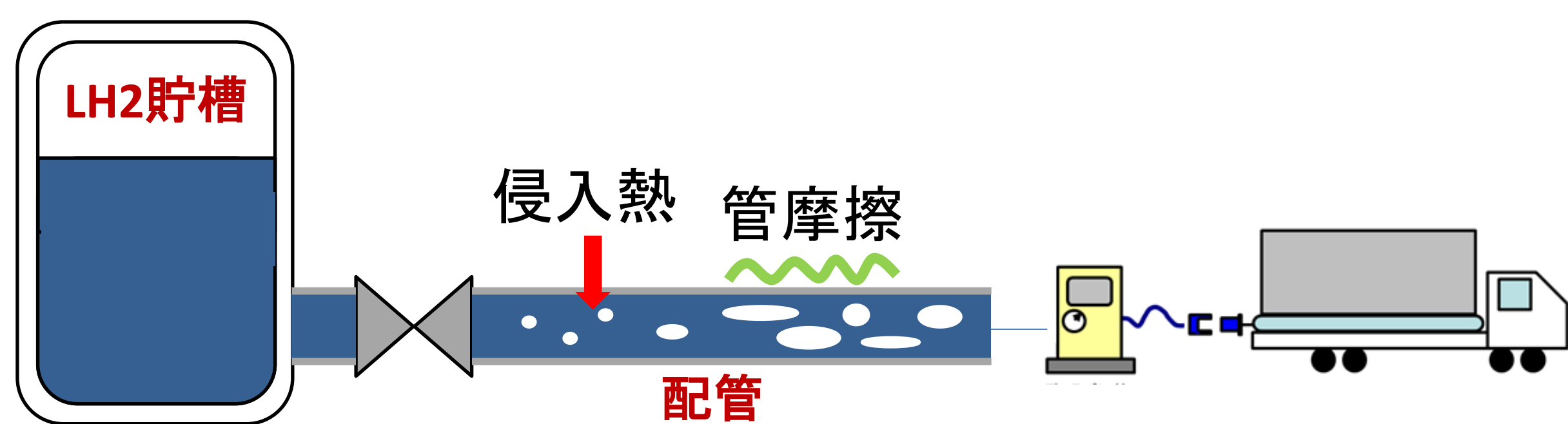


Fig. 3 液化水素の流動状態の例（車両等への充填時のイメージ）

そこで、気液の割合を測定するために静電容量式ボイドメーターを利用し、流量計と組み合わせた液化水素流量計測システムとして開発することとした（Fig. 4）。

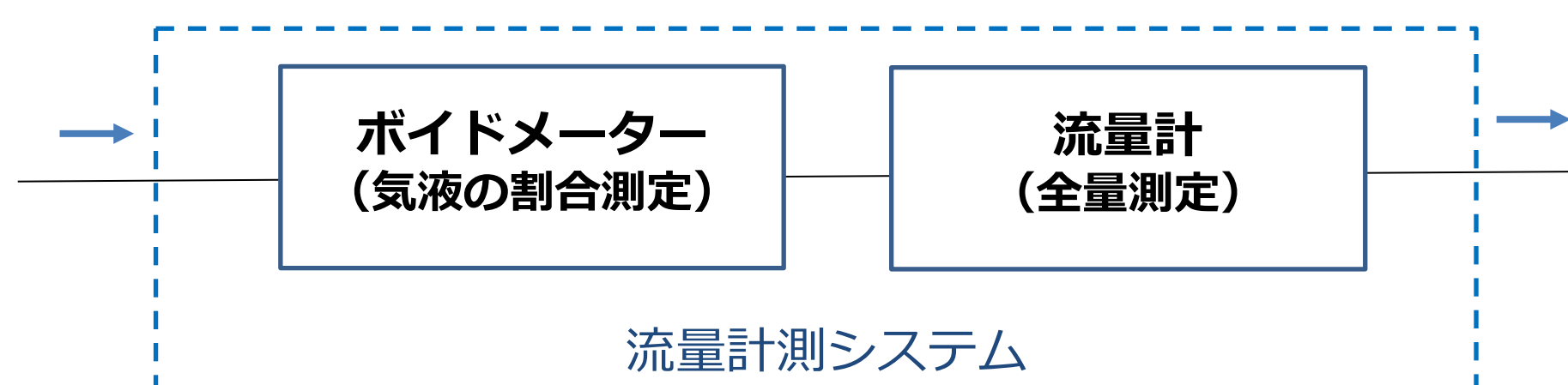


Fig. 4 液化水素流量計測システムの概略図

また、管路内を流動する液化水素は、環状流、スラグ流、気泡流等様々な形態を有し、また重力の影響を受けるため、水平方向、鉛直上向き、下向きで異なった挙動を示すことが知られている。本開発においても、可視化配管を用いてこれらの挙動を把握し、システムとしての最適化を図ることとしている。

研究内容／成果

気液の割合を測定するボイドメーターの評価として、液化窒素と水素ガスを用いて模擬的に気液二相流を作り、以下の試験を行った。

①気液二相流流通装置の開発

液化窒素/水素ガスを混合させて、任意のボイド率の二相流を作り出す装置を構築した（Fig. 5）。窒素と水素の沸点は大きく異なるため、液化窒素、水素ガス流量は、それぞれ液相流量および気相流量に対応する。これにより、任意のボイド率で流体を流す装置を作製できた。

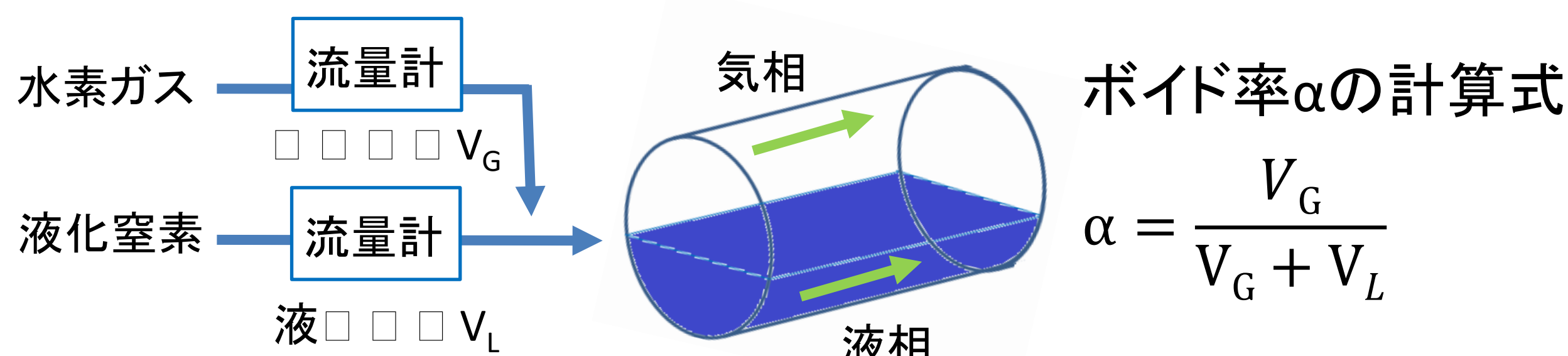


Fig. 5 ボイドメーターの気液二相流による評価試験

②気液二相流の流動状態把握

回転可能な可視化配管を設置することで、水平、鉛直上向き、下向き方向の流動状態を可視化した（Fig. 6）。重力および浮力の影響により、水平方向に比べて気相流速が、鉛直上向きでは上昇、鉛直下向きでは低下することが確認された。

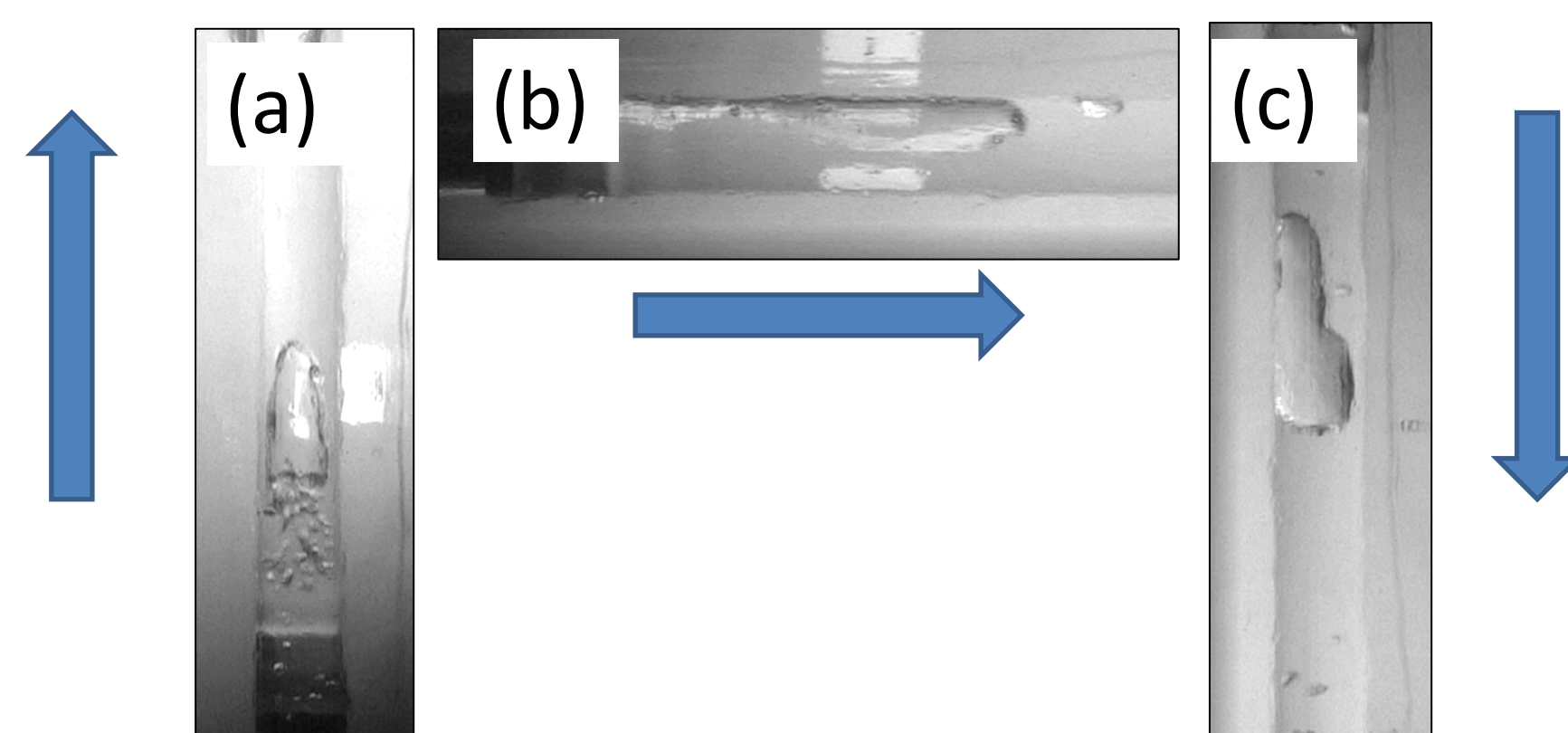


Fig. 6 各方向の気液二相流の流動状態
(a)鉛直上向き (b)水平 (c)鉛直下向き方向

③ボイドメーターの作製と実験

極低温対応のボイドメーター開発のため、既存のボイドメーターに対して、①の装置を用いて極低温気液二相流の流通に伴う課題を抽出し、改良を行った（Fig. 7）。また、測定精度の確認を行った結果、ボイド率50%以下において、測定精度±10%以内を達成した。

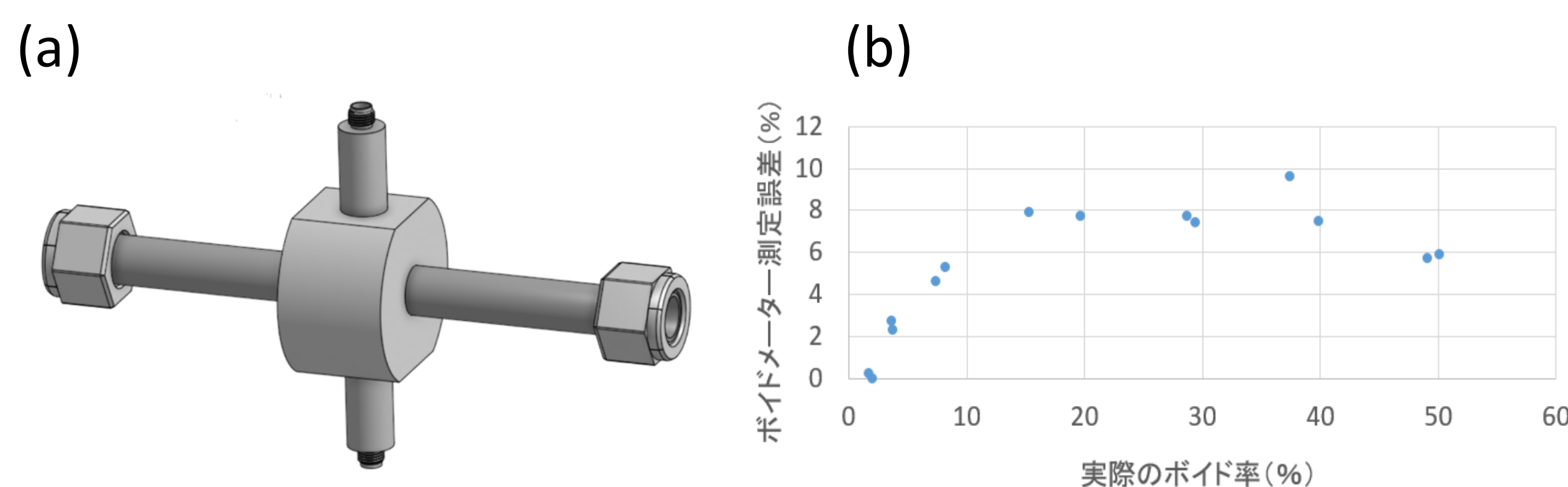


Fig. 7 試験に使用したボイドメーターと測定結果
(a)ボイドメーター
(b)実際のボイド率に対するボイドメーター測定誤差（水平方向）

今後の計画

- ・液化水素/水素ガスの気液二相流によるボイドメーターの評価
- ・ボイドメーターと流量計を組み合わせた液化水素流量計測システムの製作／評価
- ・断熱、防爆構造への対応