

真空断熱ボトルの成形加工及び構造設計に関する研究

Study on fabrication and structural of vacuum insulation bottle

指導教員 田中達也 教授

同志社大学大学院 理工学研究科 機械工学専攻

応用材料工学研究室

背景

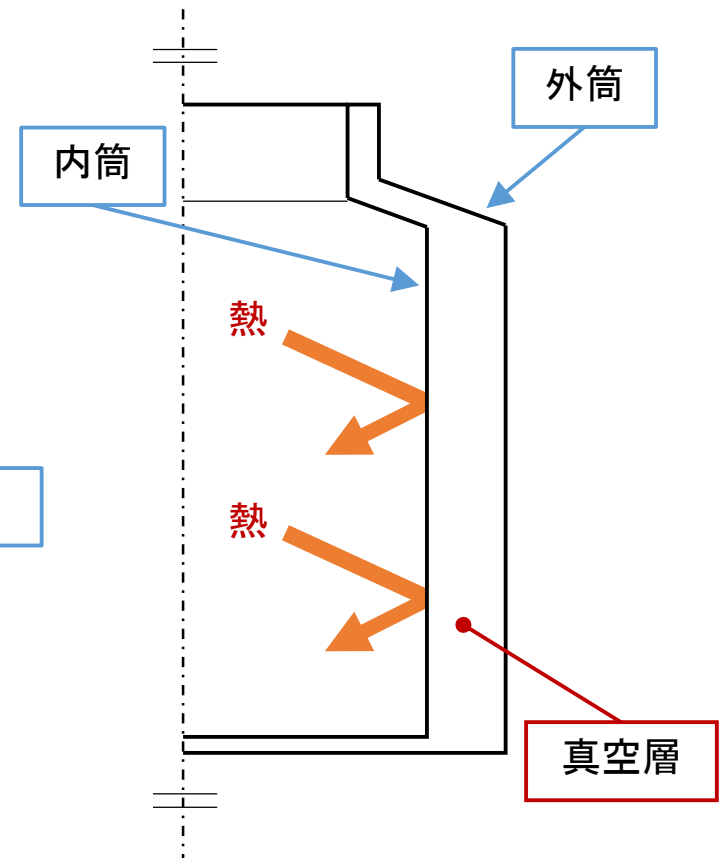
◆ 真空断熱構造とは

容器が内筒と外筒の二重構造
また、内筒と外筒との間が真空状態

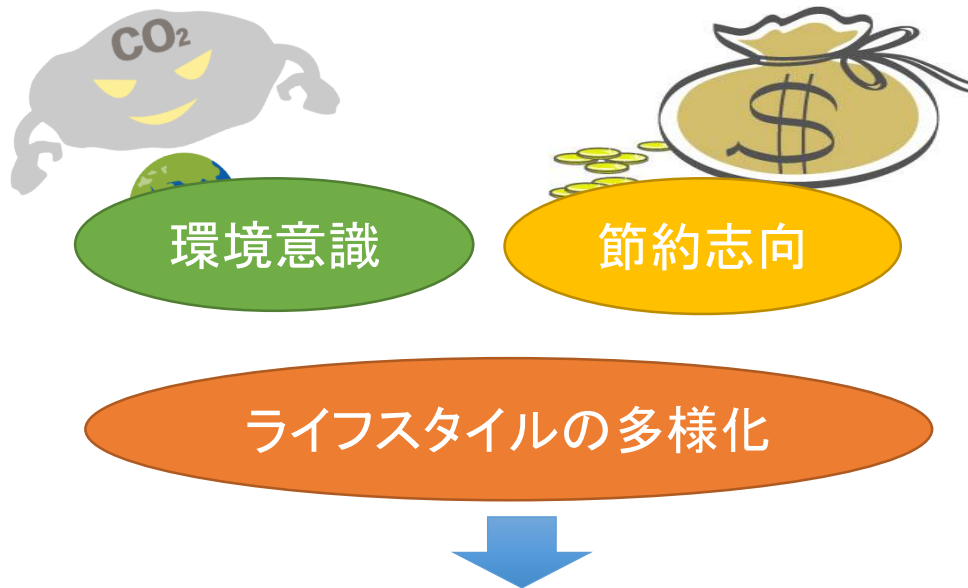


容器内外の熱伝達を遮断
容器内の物体に対して保温保冷性を有する

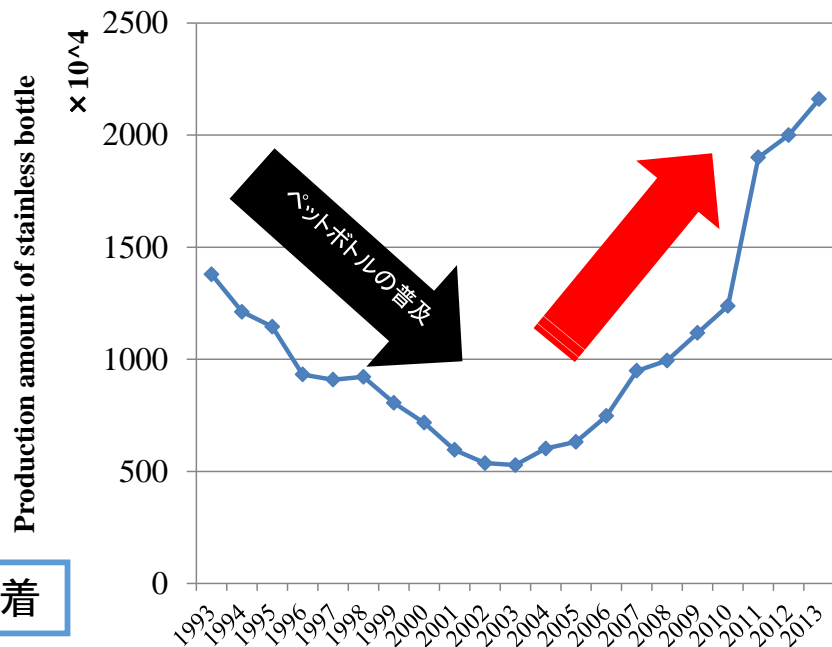
ステンレスボトルやポット、鍋などに利用される



背景



「マイボトル」を持ち歩く習慣が今どきのスタイルとして定着



有用性向上の取り組み

コンパクト化
軽量化

- ・薄肉化による資源の削減
- ・収納性の向上



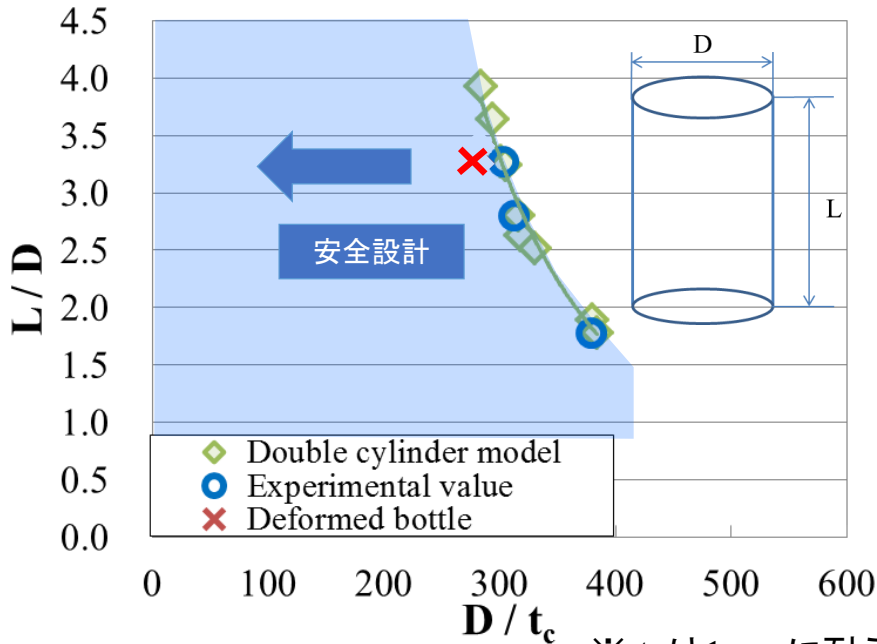
背景

問題点

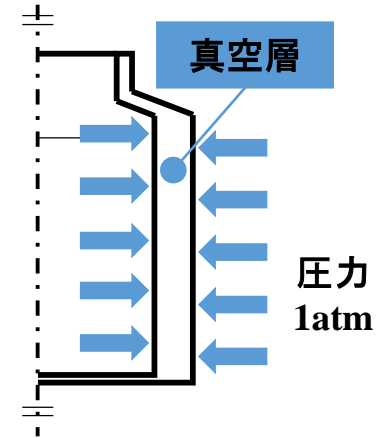
加工面：成形時のしわや割れの発生 など・・・
 構造面：生産後に**変形**が生じる



板厚が重要なパラメータ ⇒ 経験則で決定していた！



※ t_c は1 atmに耐える臨界板厚



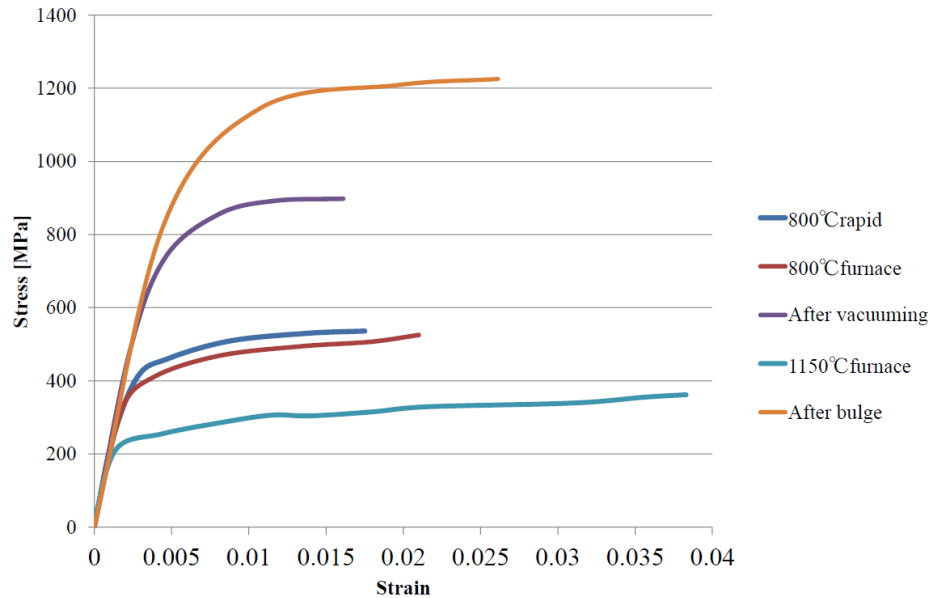
過去の研究成果より

ボトルの強度は**ボトルの形状(高さL, 径D, 板厚t)**によって示すことができる！

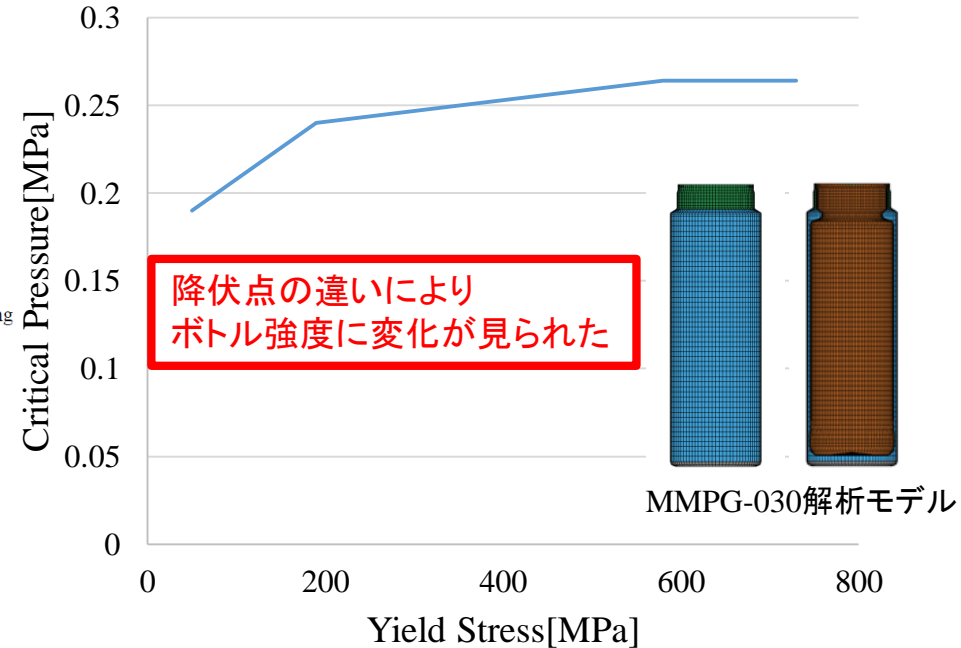
しかし、安全域内で変形するボトルが存在するとの報告があった...

背景

熱処理後の材料特性比較



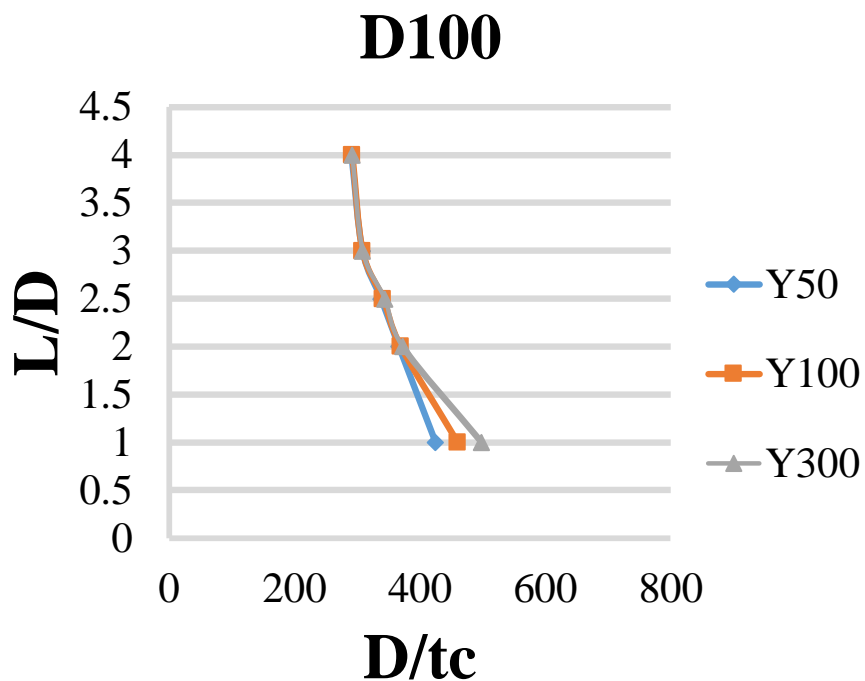
MMPG-030モデル解析結果



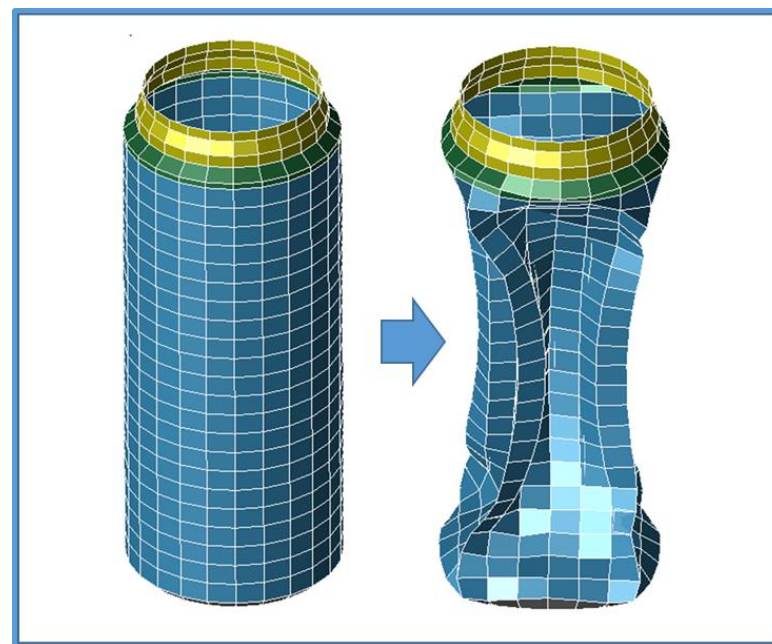
- バルジ加工時に加工硬化の影響で大きくなった降伏点大幅に下がることがわかった
- 現行ボトルの座屈形態は、弾塑性座屈であることが考えられる

降伏点がボトル強度に影響し、設計指標の精度に影響を及ぼしている可能性がある

解析結果



シミュレーション解析



D50やD75, D100では2以上では降伏応力による影響は無く, L/D が2を下回ると降伏応力が設計指標に影響を及ぼす
 D40やD25で L/D が $L/D=2.5$ 未満で降伏応力の影響が現れる

実験(加圧実験)

強度試験 ー 実験装置 ー

エポキシ樹脂



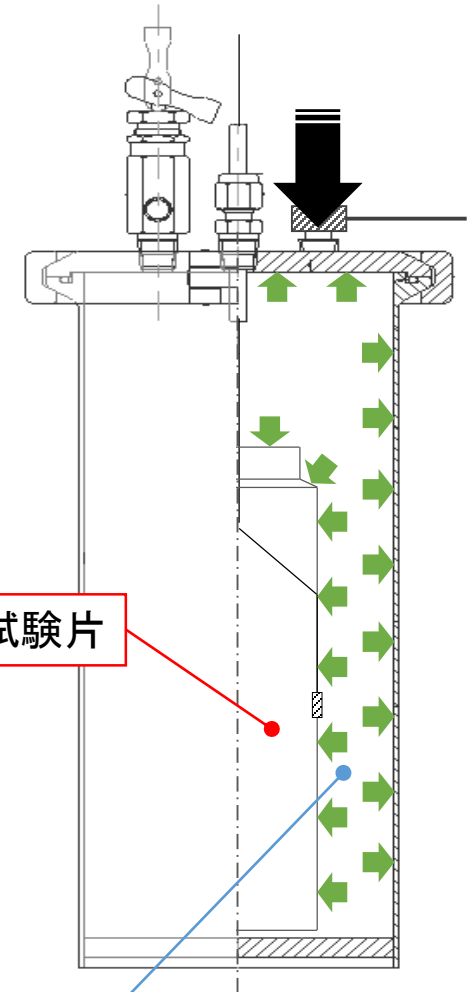
加圧タンク

リキッドシステム製
ステンレスベッセル(加圧タンク) / SVF-1027

圧力センサー

キーエンス製
圧力センサー / AP-V41A

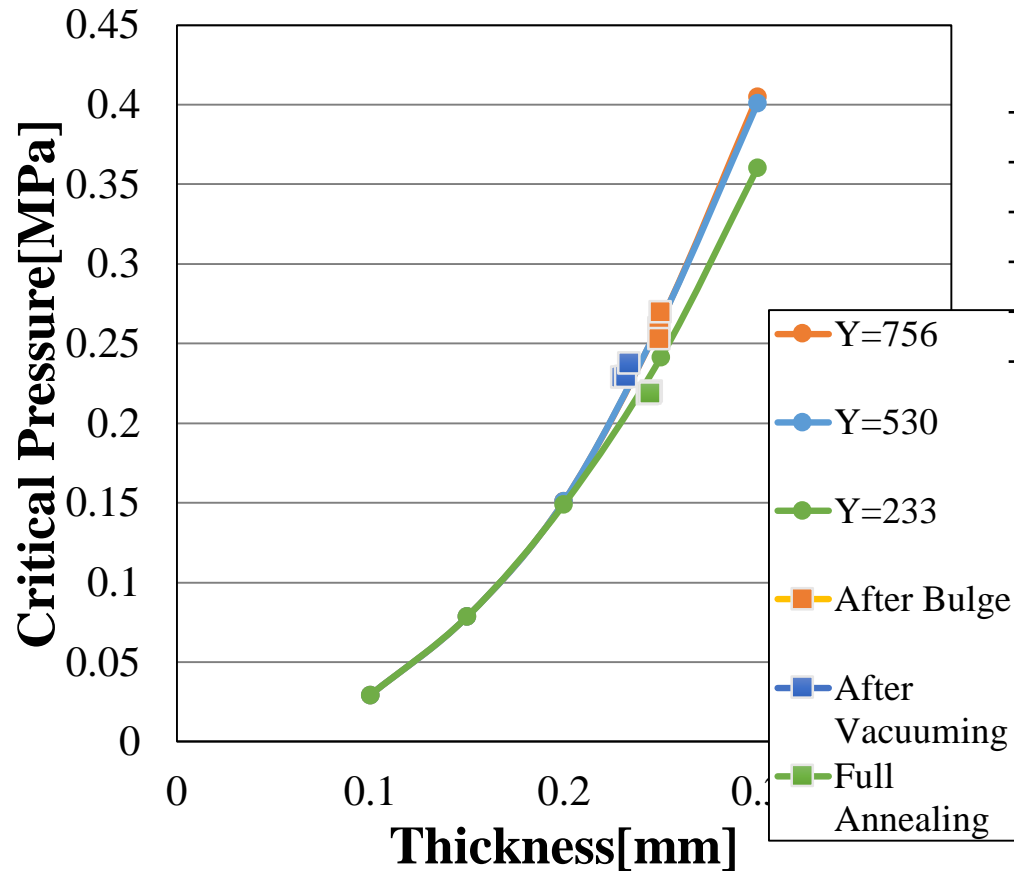
コンプレッサー



試験片

タンク内を加圧することで、
試験片全体に圧力を負荷する

実験と解析の比較



解析結果－臨界圧力[MPa]

Thickness[mm]	Yield Stress[MPa]		
	756	530	233
0.1	0.029	0.029	0.029
0.15	0.079	0.079	0.079
0.2	0.151	0.151	0.149
0.25	0.264	0.264	0.241
0.3	0.405	0.405	0.361

実験結果及び解析結果が
ほぼ一致している



形状パラメータ, 降伏点との関係が
ボトルの設計に対して有効である