

破壊靱性試験における温度管理時間の改善提案

構造・産業システム系
東京大学
大阪大学

小沢 匠
川畑友弥
三上欣希

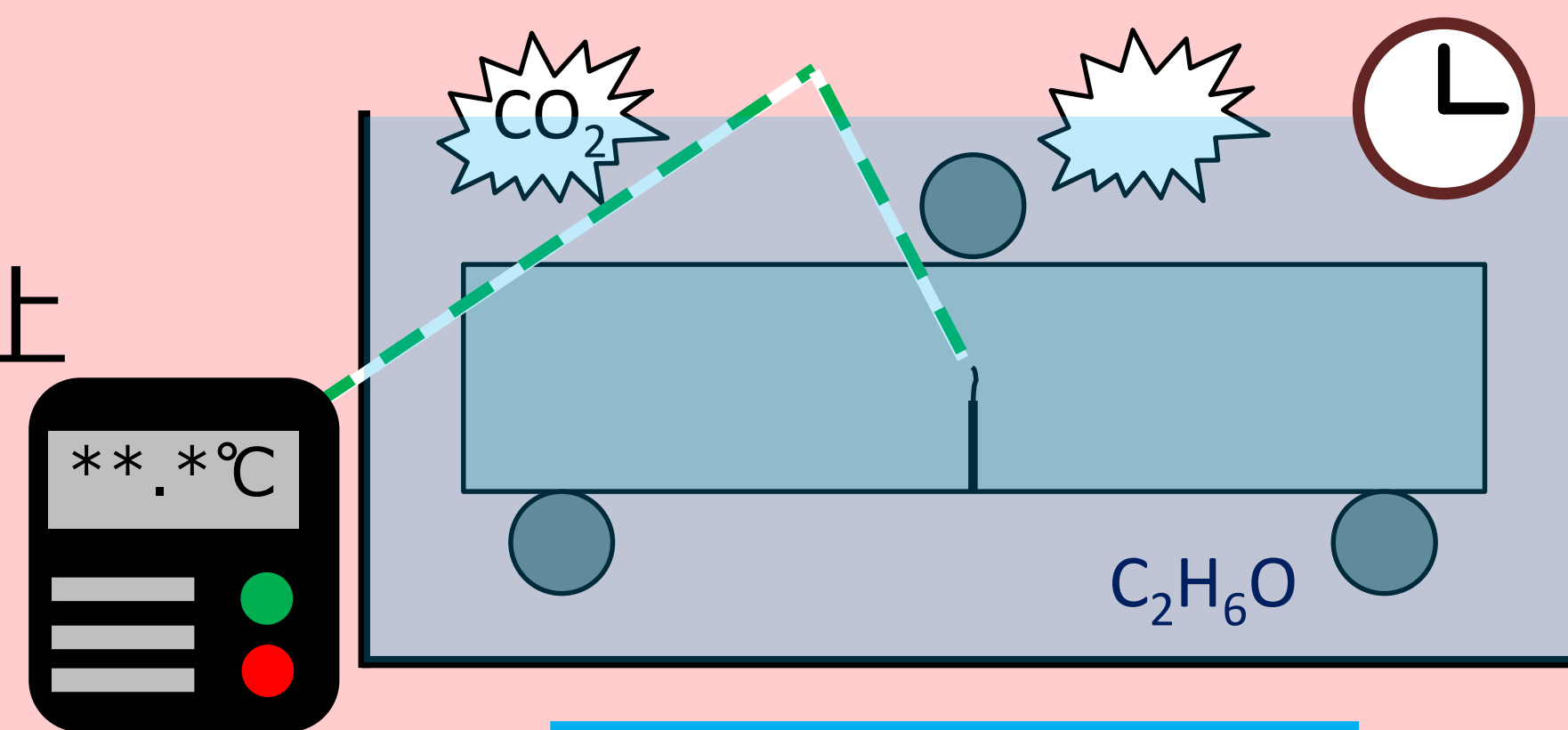
破壊靱性値

- 不安定破壊（突発的な破断）に対する**材料強度**
 - 十分な破壊靱性値は船舶の急激な折損・沈没を防止
- **破壊靱性試験**（WES1108, ISO12135）にて評価
 - **温度管理後**に三点曲げによる破壊を実施

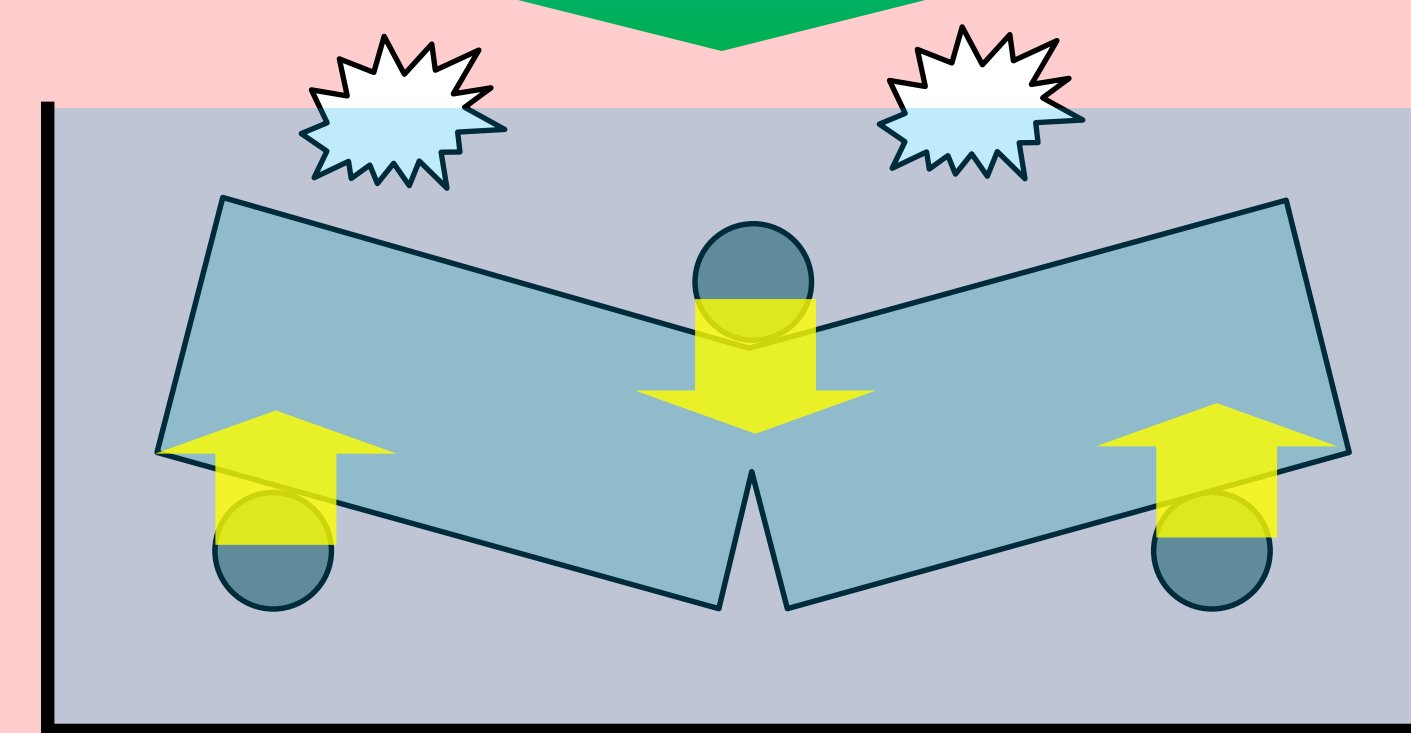
板厚50mmなら**25分間**もの温度管理が必要

- **試験効率の悪化**
 - 熱伝導率が高い金属材料に対して本当に必要な要件か？
- 伝熱学的に**合理化**の余地がある
 - 板厚だけでなく**温度条件**や**材料物性値**なども考慮すべき

温度管理時間を定める新手法を構築・冷却試験より評価



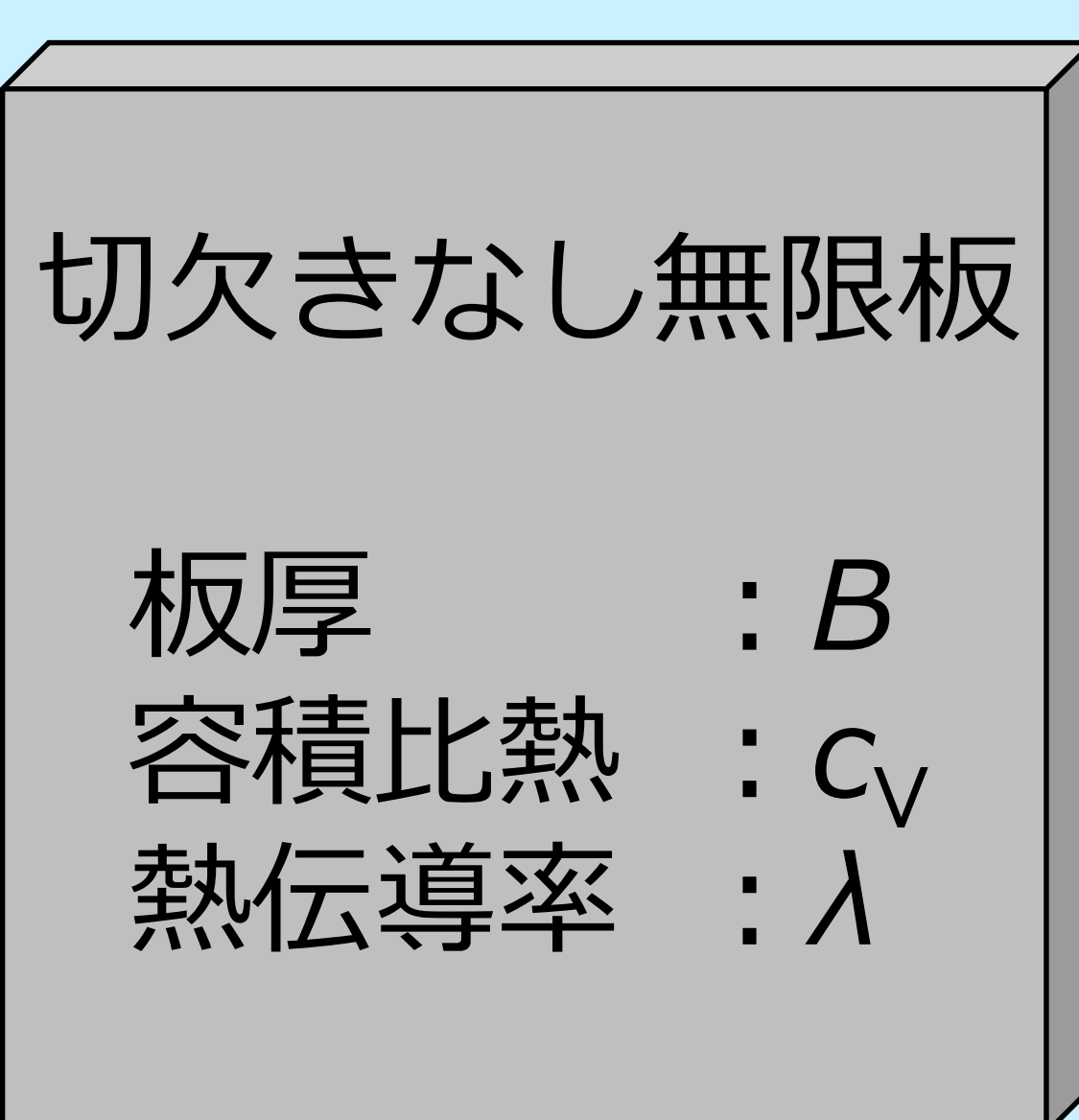
板厚(B)/2 分間
 $\pm 2^\circ\text{C}$ (T_A)を維持



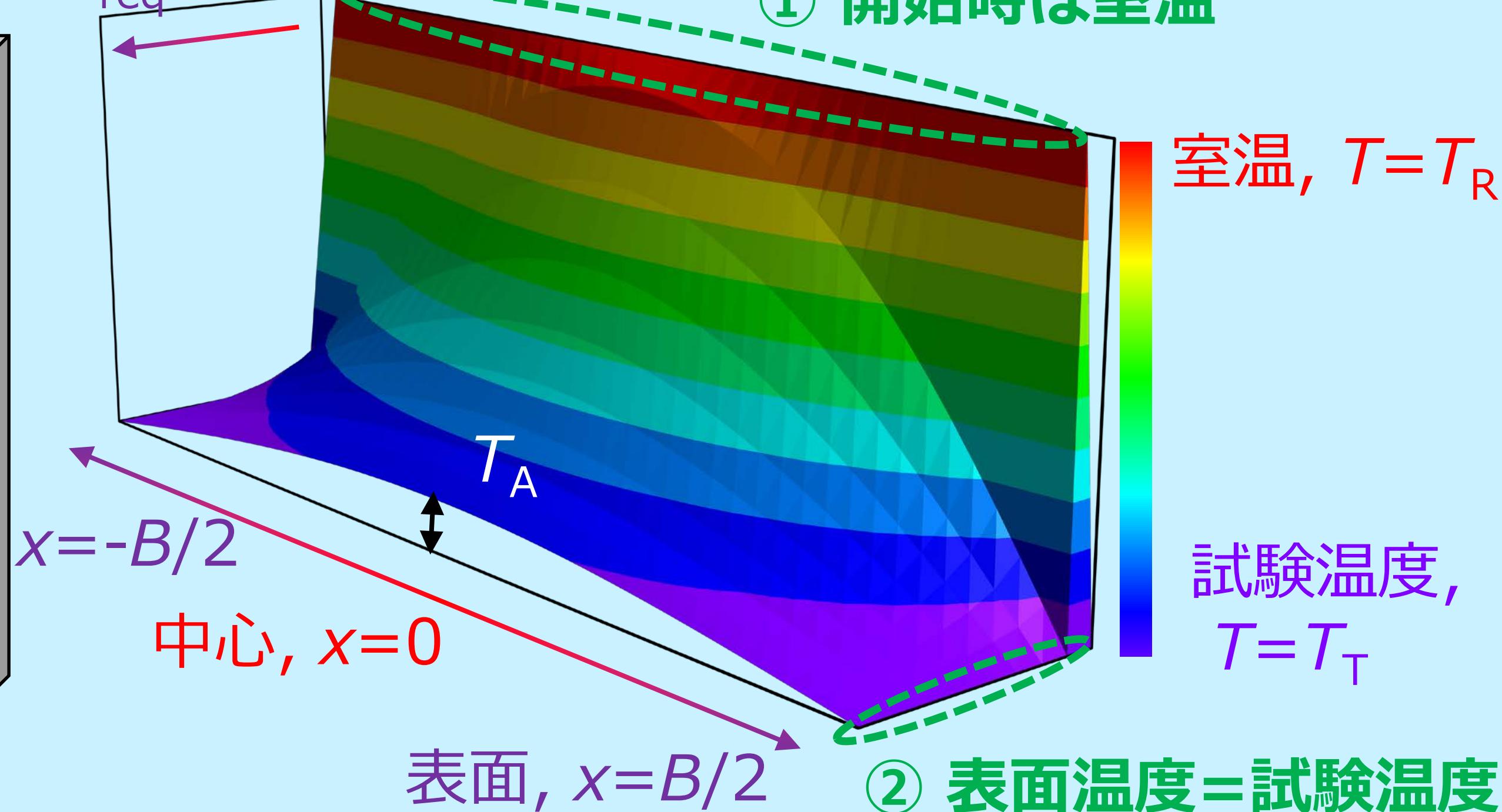
伝熱解析

- 解析的に解くため試験片の伝熱過程をモデル化
- 熱伝導方程式と各条件より中心温度が試験温度（+許容温度誤差）となる時刻導出

- 式を合理化
- 時間を大幅短縮



終了, $t=t_{\text{req}}$ 開始, $t=0$



Boundary condition: $T(\pm B/2, t) = T_T$

$$c_v \frac{\partial T(x, t)}{\partial t} = \lambda \frac{\partial^2 T(x, t)}{\partial x^2}$$

中心温度が $T_T + T_A$ となる時刻 (t_{req}) を導出

$$t_{\text{req}} = \frac{B^2 c_v}{\pi^2 \lambda} \ln \left(1 + \frac{4|T_R - T_T|}{\pi T_A} \right)$$

Initial condition: $T(x, 0) = T_R + (T_T - T_R) S(|x| - B/2)$

従来の**25分**を**90秒**に短縮（**94%減**）
※ $c_v = 3.60 \text{ J/cm}^3\text{K}$, $\lambda = 50.0 \text{ W/mK}$, $T_R = 20^\circ\text{C}$, $T_T = -200^\circ\text{C}$, $B = 50\text{mm}$

冷却試験

- 冷却過程の温度を計測
- 寸法3水準（ $B=10, 20, 50\text{mm}$ ）×温度2水準（ $T_T = -50, -196^\circ\text{C}$ ）
- 各条件で3回ずつ実施

全て同程度/安全側の評価

