

(243) 冷却曲線，蒸発曲線および沸騰曲線の関係について
(浸漬冷却に関する研究 (Ⅱ))

新日鉄 八幡技研 ○三塚正志 福田敬爾

1. 緒言： 前報ⅠとⅡでは，浸漬冷却時の冷却曲線と液滴蒸発時の蒸発曲線の特性を調べた。両者共高温金属と液体間の熱伝達現象を扱っているのだから，共通点や対応点があるはずである。そこで今回は，沸騰曲線も含め，3曲線間の対応関係を調べる。

2. 熱伝達機構： 高温金属を液体で冷却する時の熱伝達現象を簡単に説明する。

ⅰ) 膜沸騰熱伝達： 金属の表面温度 θ_s が液体の飽和温度 θ_{sat} より非常に高い時には，金属表面に流入する液量より気化能力が大きく，金属の全面が安定した蒸気膜でおおわれる。金属から液体へ伝達する熱は，蒸気膜を伝導とふく射で伝達するため，その熱量 q は小さく， q はほぼ θ_s に比例する。

ⅱ) 遷移沸騰熱伝達： θ_s の降下につれて気化能力も低下し，膜が不安定になり時々局部的に破れ，両者が直接接触する。この時，熱は膜を通るか，直接々触によって伝達するため， q は大きく変動する。

ⅲ) 核沸騰熱伝達： θ_s がさらに降下すると，もはや膜を形成することができず，両者は直接々触し激しく沸騰する。この時， q は非常に大きく， $q \propto (\theta_s - \theta_{sat})^{3/4}$ である。

ⅳ) 非沸騰熱伝達： θ_s が θ_{sat} 近傍まで降下すると，もはや沸騰は起らず，両者は常時直接々触するようになるが，非沸騰のため q は非常に小さい。

3. 3曲線の対応関係： 3曲線の液温 θ_w は，サブクール温度差を $\Delta\theta_{sub}$ とすると，沸騰曲線と冷却曲線は $\Delta\theta_{sub} \geq 0$ ，蒸発曲線は $\Delta\theta_{sub} = 0$ である。3曲線をすべて $\Delta\theta_{sub} = 0$ にすれば，その差は金属と接触する液滴量だけとなり，蒸発曲線の液滴量を ∞ にすると，すべての条件が一致する。それゆえ，3者の沸騰状態すなわち熱伝達機構は図1のように対応するはずである。 $\Delta\theta_{sub} > 0$ の時には，各曲線の特性値がずれ，たとえば，沸騰曲線の q_{max} は高温側にずれて増大し，冷却曲線のLCTは短時間側にずれて昇温する。従来，冶金関係者の用いる冷却曲線と機械関係者の用いる沸騰曲線や蒸発曲線が，一見無関係のように思われていたが，これは，前者は実際作業の解釈のため $\Delta\theta_{sub} > 0$ の状態で，後者は熱伝達機構の解明のため $\Delta\theta_{sub} = 0$ の状態で論じていたからである。今後は，3者を同じ土俵内で論ずべきであり，前報Ⅰで提案した冷却曲線の5段階説も容易に理解できる。

4. NP, LPとLCT, UCTとの実験的關係： $\Delta\theta_{sub} = 0$ の時，前報Ⅰの銀試料のLCT, UCTと前報Ⅱの銀メッキ試料のNP, LPはよく一致する(表1)。この時，両者の差は母材と液滴量だけである。文献1)では， $\Delta\theta_{sub} = 0$ の時液滴初期量 V_0 はLPに影響せず，文献2)では， $\Delta\theta_{sub} > 0$ の時 $LP \propto 1/V_0$ と報告している。それゆえ， $\Delta\theta_{sub} = 0$ の時には，図1の q_{max} の θ_s -NP-LCT と q_{min} の θ_s -LP-UCT は各々ほぼ一致するものと考えられる。

5. むすび： ⅰ) 3曲線の各領域と各特性点は互に対応する。 ⅱ) $\Delta\theta_{sub} = 0$ の時には，3曲線はほぼ同じ条件になる。 ⅲ) 3曲線を同一土俵内で論ずることの必要性を強調する。

文献： 1) B. S. Gottfriedら：Int. J. Heat Mass Transfer, 9('66), P1167. 2) E. S. Godleskiら：Proc. 3th. Int. Heat Transfer Conf. IV('66), P51.

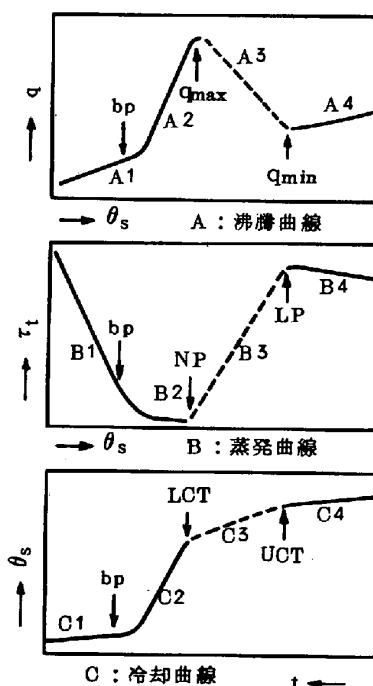


図1 3曲線の対応

表1 NP, LPとLCT, UCTの対応

蒸発曲線	項目	NP (°C)	LP (°C)
	鋼+銀メッキ		140
銅+銀メッキ		133	168
冷却曲線	項目	UCT	UCT
	銀	130 ~140	170 ~180

*) $\theta_w = \theta_{sat}$