

1.

(1)

ギブスの自由エネルギーの定義は H をエンタルピー、 T を温度、 S をエントロピーとすると以下のように表せる

$$G = H - TS$$

(2)

ギブスの自由エネルギーの全微分を求めると次のようになる

$$dG = dH - TdS - SdT$$

ここでエンタルピー H は U を内部エネルギー、 P は圧力、 V を体積とすると次のように表せる

$$H = U + PV$$

このエンタルピーの式を微分すると

$$dH = dU + PdV + VdP$$

となる。

内部エネルギーの微分は熱力学第1法則を用いて以下のように表される

$$dU = TdS - PdV$$

この式を dH の式に代入すると

$$dH = TdS - PdV + PdV + VdP = TdS + VdP$$

これを dG の式に代入すると、

$$dG = TdS + VdP - TdS - SdT = VdP - SdT$$

この式に等温・等圧条件($dT = 0, dP = 0$)を適用すると

$$dG = VdP - SdT = 0$$

よって微分変化量 dG が等温、等圧の下で、 $dG \leq 0$ となる

(3)

ギブスの自由エネルギーの変化を状態1から状態2まで積分してギブスの自由エネルギーの差を求めると次のようになる

$$\Delta G = G_2 - G_1 = \int_1^2 dG$$

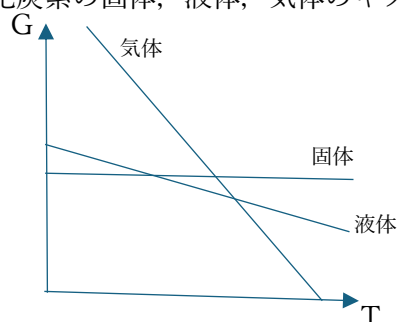
この式に $dG = VdP - SdT$ を代入して積分すると

$$\Delta G = \int_1^2 VdP - \int_1^2 SdT$$

となる。これがギブスの自由エネルギー間の関係である。

(4)

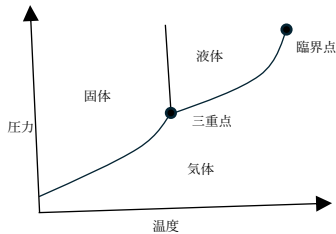
二酸化炭素の固体、液体、気体のギブスの自由エネルギーの温度依存性を図示すると以下のようになる



温度が融点に達すると、固体のエントロピーが増加し、分子が自由に動けるようになり、液体へと変化する。この時、ギブスの自由エネルギーが固体と液体で等しくなる。温度がさらに上昇して沸点に達すると、液体のエントロピーがさらに増加し、分子が完全に自由になることで気体に変化する。この際、ギブスの自由エネルギーが液体と気体で等しくなる。

(5)

二酸化炭素の T-P 状態図を描くと以下のようなになる

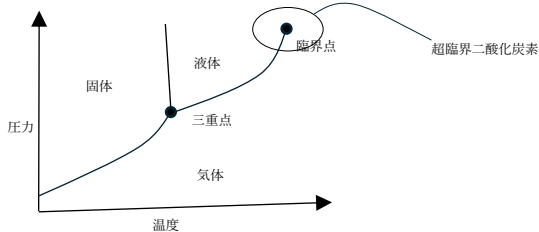


(6)

Decaffeinated Coffee の作成方法

超臨界二酸化炭素をコーヒー豆に通すことで、カフェインが二酸化炭素に溶解込み、除去され、Decaffeinated Coffee を作ることができる。

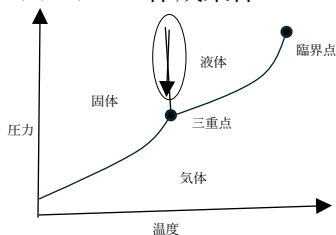
Decaffeinated Coffee の作成条件



ドライアイスの作成方法

液体二酸化炭素を急速に減圧し、固体状態にすることでドライアイスが生成される。

ドライアイスの作成条件



参考文献 : https://studyinuniv.blogspot.com/2018/07/blog-post_17.html
<https://daigaku-juken.net/二酸化炭素の状態図/>