第15回 完全ガスの分子運動と熱力学(1/2)　　　（詳細は別紙参照）

1．熱力学を力学で説明する。

気体分子運動論，統計力学(統計熱力学)

2．完全ガス（理想気体）

微視的に見ると，大きさのない分子がときどき衝突しつつ空間を飛び回ってイメージ
① 分子間力なし，②大きさなし

3．立法体容器内の分子の運動

右面(ピストン面)に働く分子の作用
1個の分子の衝突による運動量変化　$2mu$
1個の分子の1s間当たり衝突回数　$u/2l$
1sあたりのピストン面での運動量変化　$\sum^N 2\left(mu\times\frac{u}{2l}\right)=\frac{m}{l}\sum^N u^2$

圧力　$p=\frac{m}{l^3}\sum^N u^2=\frac{mN\overline{u^2}}{V}$

つまり，　$pV=mN\overline{u^2}$

4．内部エネルギー

単原子分子の内部エネルギー（多原子分子の並進エネルギー）は

$$U=N\frac{m}{2}(\overline{u^2+v^2+w^2})=\frac{m}{2}N(\overline{u^2}+\overline{v^2}+\overline{w^2})=\frac{3}{2}mN\overline{u^2}$$

したがって　$pV=mN\overline{u^2}=\frac{2}{3}U$　　(ベルヌーイの関係式)

5．マックスウェルの速度分布則

速度成分が (u,v,w) から($u+\Delta u, v+\Delta v, w+\Delta w$) 間に含まれる分子数を

$$\Delta^3 N_{uvw}=N\,f(u,v,w)\Delta u\Delta v\Delta w$$

と表すとき，

$$f(u,v,w)=A^3 e^{-\epsilon/kT}$$

$$\epsilon=\frac{m}{2}c^2=\frac{m}{2}(u^2+v^2+w^2),\quad A^3=\left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{3/2}$$

速度の大きさが c から $c+\Delta c$ 間に含まれる分子数を

$$\Delta N_c=N\,f_c(c)\Delta c$$

と表すとき，

$f_c(c)=4\pi A^3c^2e^{-\epsilon/kT}$ となる。

6．エネルギー等配則

気体分子の並進および回転運動は，１自由度あたりそれぞれ $\frac{1}{2}kT$ の平均エネルギーをもつ。

7．平均自由行程

衝突頻度:　$Z = \dfrac{4\sigma p}{\sqrt{\pi m k T}}$

平均自由行程:　$\lambda = \dfrac{c}{Z} = \dfrac{kT}{\sqrt{2}\sigma p}$　　σ は分子の衝突断面積