

索引を用いるに当たって、用語（訳語）の揺らぎと紛らわしい用語について

「放射線化学のすすめ－電子、イオン、光のビームがくらしを変える、産業をつくる－」においては、物理、化学、生物、医学、材料など広い分野にわたる50名の執筆者が参加しています。この中で、異分野の研究者や、初学者が、多少混乱を来すような、用語の多様性を執筆者が用いるまま残してあります。その他の紛らわしい用語を含め、これらを個々に補足して解説しておきます。

放射線(Radiation)と放射能(Radioactivity)

日本語の訳語がたまたま類似しているので、今でもアナウンサーなどが頻繁に間違えるが、全く別の概念である。放射線は主として電磁波や粒子のビームのことをいうので、いったん通り過ぎたり、発生器のスイッチを止めればそこに存在しない。一方放射能は、その放射線をある確率で出し続ける物質のことで、「放射線を出す能力のある物質」という意味から「放射能」と言われている。放射能は物質であるから目に見えなくてもそこに存在し、放射線を発生している場合がある。（ただし当然少量であれば全く問題はない）第1章3ページ付近参照。

放射線化学(Radiation Chemistry)と放射化学(Radiochemistry)

Radiation Chemistry（放射線化学）、Radiochemistry（放射化学）これもたまたま日本語の訳語が似ているが、全く別の概念である。放射線化学は、放射線を照射したときに、照射された通常の物質がどのような化学変化をするかを考える学問分野であるが、放射化学は実際に核変換する物質（通常放射線もそこから発生する）が、どのような物理変化や化学変化をするかを扱う学問分野である。第1章7ページ付近参照。

リュードベリ、リドベルグ、Rydberg

これらは全て同じ人物名(Johannes Rydberg)を指す。現在の日本ではこの人物の母国スウェーデンの原語読みに近い「ヤンネ・リュードベリ」が推奨されるので「リュードベリ定数」が正しいが、分子科学など英語圏での活動が活発な分野では「リドベルグ」「リドバーク」と発音されることも依然として多い。

移動度と易動度

放射線化学ではどちらも主として電子などの Mobility の訳として両方用いられているが、1990年頃まで放射線化学分野では易動度が用いられることが多かった。これは放射線化学分野で、液体などの電気伝導度測定によって得られる知見が、電子のランダムな拡散現象が支配的であり、固体（金属や半導体）の電気伝導現象と一線を画すというニュアンスを込めたものであった。

すなわち、Einstein の関係式を用いると、ブラウン運動する粒子の拡散係数 D はある係数 B を用いて

$$D = Bk_B T$$

の形に書ける。例えば電気伝導度測定などの 1 次元の拡散の場合の平均 2 乗変位は

$$\langle (x - x_0)^2 \rangle = 2Dt = \frac{2k_B T}{f} t \quad (T \text{ は絶対温度、} k_B \text{ はボルツマン定数、} t \text{ は十分長い経過時間})$$

と書くことが出来る。このときに f を抵抗係数と言ったり、 $1/f$ を移動度（易動度）と定義したりする。移動度（易動度）は媒質の粘性と密接な関係にあつて物質の速度を v とすると fv が粘性の作る抵抗力（媒質の摩擦力）となる。

一方、放射線化学をはじめとした物性科学では電気伝導度測定を行うことが多いので、媒質中における荷電粒子の平均移動速度を、その媒質に加えられた電界の強さで割った値を用いている。すなわち電子の場合

$$1/f = v/eE$$

が移動度の定義式となる。これは上記ブラウン運動の式と比較すると、電解の強さと熱的平衡にある抵抗力 fv とが同一視されていることがわかる。「易動度」は式 1 を意識した立場の研究者が好んで用いているようである。その後、固体物理や導電性高分子の影響を受けて、現在では統一された移動度が主流になっている。理化学辞典などでも「移動度」しか記載されていない。

電子対生成と電子対創生

これも Pair Creation の訳として以前は後者が用いられることが多かったが、最近は前者が多い。Creation と Generation を訳し分けたものと考えられる。

ボルン(Born)の式、モデル

放射線化学では、2 体衝突の際の近似方法（ボルン近似）と誘電媒質内の溶媒和のエネルギーを計算する式の 2 つに Born の名前が現れる。また全く別にボルン－オッペンハイマー近似というものもある。

2 体衝突のボルン近似は 2 体の衝突－散乱現象を有効ポテンシャルという概念を用いて摂動論的にシンプルに与えるものである。溶媒和エネルギーを与える式は 10-1 節の 2 式に代表される式である。

ボルン－オッペンハイマー近似というのは、原子や分子を量子力学的に扱う場合、電子系と核系の運動を分離して、電子系だけの多体論を取り扱うという考え方のこと。

Debye-Smoluchowski の式、Smoluchowski-Debye の式、Smoluchowski 方程式、Smoluchowski の式

Debye-Smoluchowski の式、Smoluchowski-Debye の式は同じ式のことを指す。すなわち引力

あるいは斥力のある拡散現象での2体の反応速度を Smoluchowski 方程式に Debye 理論を適用して求めたもので、4-5 節の 1-3 式、4-6 節の 2a 式や 2b 式の形（左辺が反応速度）の式のことを称することが多い。一方 Smoluchowski 方程式という場合は拡散方程式の一種としての微分方程式としての形式の式(10-4 節の 5 式)、すなわち解く前の微分方程式の形を言う。単に Smoluchowski の式という場合もあるが、これはどちらの可能性もある。

Einstein の関係式

本書の中には高分子分野の 3-1 節（式 8）と物性物理分野の 10-5 に用いられている[Einstein の関係]は異なっている。

Einstein の式と呼ばれているものはこの他にも多数あるので注意する。例を挙げると $E = mc^2$: エネルギーと質量の等価を示すアインシュタインの関係式。 $E = h\nu$, $p = h\nu/c$: 光量子に関するアインシュタインの関係式。 $\Delta E = h\nu - W$: 光電効果に関するアインシュタインの関係式などがある。

10-5 節で用いられている式は、ブラウン運動に関するアインシュタインの関係式と呼ばれているもので、様々な形の式が存在する。一般的にはブラウン運動する粒子の拡散係数 D はある係数 B を用いて

$$D = Bk_B T$$

の形に書けるというものである。 B の内容は実験における求め方、理論的な導出方法が様々な存在しているが、その内容によらず、この形の式は全て「アインシュタインの関係」と呼ばれている。例えば 10-5 は電気伝導度から B を求める式なので Mobility（移動度） μ を用いて $B = e/\mu$ という定義を用いている。 B は逆に粒子の受ける抵抗（摩擦力）であると考えることが出来るので媒質の粘度とも結びつけることが出来る。

一般に粘度と拡散係数の関係を Stokes-Einstein の関係式と呼んでいるが、これは半径 a の球形の粒子が粘度 η の媒質を移動する場合の、流体力学的な抵抗（摩擦力）に関する Stokes の式を上記 Einstein の関係式と結合したもので

$$B = 1/6\pi\eta a$$

を代入したものと考えればよい。

一方、3-1 節のアインシュタインの式は「アインシュタインの粘度式」と呼ばれているもので高分子の排除体積と粘度を結びつけたもので、抵抗（摩擦力）を扱っていることから、一部ブラウン運動に関するアインシュタインの関係式と重なる部分はあるが、別の式として理解しておいた方がよい。

G 値と g 値

前者（G 値）は放射線化学的収量で、100eV のエネルギー吸収（吸収線量）あたり何個の分子を生成するかを示す。イオン化ポテンシャルは 1 分子あたり 10eV 前後なので、総和すると 5-10 程度の数字になる。後者（g 値）は電子スピン共鳴（ESR）において、スピン軌道

相互作用などでゼーマン遷移の共鳴位置がずれる割合を表したものである。(8-18 節参照)

PET、陽電子放出断層診断、ポジトロン CT、陽電子放射断層撮像法

現在の所 PET(Positron Emission Tomography)の和訳語として統一されていないようである。

LET(Liner Energy Transfer)、線エネルギー損失,線エネルギー付与

和訳語に若干の揺らぎがある。しかし Bethe の公式に現れる阻止能(Stopping Power)とは、数値は似ているが全く別の概念であることに注意する。9-1 節 224 ページ参照。

Bethe の式

阻止能を理論的に導出した万能の式と考えられているが、相対性理論を考慮しない式 (9-1 節 23 式) と相対性理論を考慮した式 (9-1 節 23'式) の二通りある。放射線化学が電子線や X 線を主に扱っているときは前者を「Bethe の式」後者を「相対性理論を考慮した Bethe の式」と区別していたが、最近はいオンビームなど重粒子線照射の解析にこれを用いることが多くなったので後者だけを考慮して単に「Bethe の式」と言う人も多いようである。

解離型 (性) 電子付着 (付加,捕獲)

Dissociative Electron Attachment の和訳として複数あるようである。元々は原子分子衝突の分野で言われるようになった概念であるが、放射線化学ではハロゲン化合物への電子付着によりハロゲン化物イオンが解離する反応が最も著名である。(5-6,6-3,9-5 節を参照)

振動子強度と振動子強度分布

この 2 つは全く定義が違い、次元も違うので注意を要する。(9-1 節 218-219 ページ参照) 光化学や光物性では振動子強度を用いることが多いが、放射線化学では振動子強度を用いる。

線量(Dose)と線量率(Dose Rate)

「率」に関しては通常概念と同じで、前者は照射時間全体での放射線エネルギーの総量、後者は単位時間あたりの放射線エネルギーを示す。

照射線量(exposure)と吸収線量(absorbed dose)

測定された放射線エネルギーが、放射線を発生させる側と放射線を照射される側にもとづいているかの違いだが、それぞれ歴史的オリジンが違う線量単位である。(9-1 節 224 ページ参照)

照射線量は一定の質量の空気を基準にし、その中にどれだけの電離が起こるかを問題にした線量で、照射される物質に依存しないで線源を評価できるように、常に空気を考える。

霧箱の観測をしていた時代の考え方が基本である。ただし、光子に属する放射線にしか用いられない (X 線やガンマ線)。

一方吸収線量は、ある一定の質量の媒質に吸収された放射線エネルギーから定義したもので 1 J が 1 kg の媒質に吸収された場合に 1 Gy (1 グレイ) と呼ぶ。昔は cgs 単位系に属する rad (ラド: 1 erg が 1 g の媒質に吸収されたときに 1 ラド) という単位も用いられていた。例えば 1 kg の空気に照射する 1 Gy と 1 kg の水に照射する 1 Gy は全く状況が異なっているが、吸収線量を性質の全く異なる物質間で比較することは余り意味がない。

マイクロチャンネルプレートとマルチチャンネルプレート

MCP の正式名称はマイクロチャンネルプレートだがマルチチャンネルプレートという呼称も用いられている。両者は同じもの。

ラジカルイオン、イオンラジカル

化学分野ではかつてはイオンを先に読んで「イオンラジカル」「カチオンラジカル」「アニオンラジカル」と呼ぶことも多かったが 1980 年頃からアメリカ化学会などの取り決めにより「ラジカル」を先に呼ぶことになった。つまり、化学分野では「ラジカルイオン」「ラジカルカチオン」「ラジカルアニオン」と統一すべきことになっている。しかし生物分野、医学分野では依然として「イオンラジカル」「カチオンラジカル」「アニオンラジカル」と言う呼称が使われているようである。

溶媒和電子(Solvated Electron)と水和電子(Hydrated Electron)

溶媒和電子(Solvated Electron)は一般に凝縮相(液体、固体)で生成しトラップされている電子の事を指す。溶媒和電子はアルコールやアセトニトリルなどの極性溶媒中の電子を指していたが、最近はそれら極性溶媒中だけでなく、アルカン類などの非極性溶媒中でも寿命の短い「(溶媒和) 電子」が見られる。特に水の溶媒和電子を水和電子(Hydrated Electron)と狭めて言うが、物理的には同じもの。

電子移動と電子移動度

英語において Electron Transfer と Electron Transport という全く異なる 2 つの概念の訳語が類似しているために混乱が起きやすい。前者 (Electron Transfer) は、マーカス理論などで用いられているとおり、電子は State 間の量子力学的な軌道の重なり (フェルミの黄金則) で瞬間的に移動するが、溶媒和などの外的な要因でその移動が制限される現象である。一方、後者 (Electron Transport) は量子力学的移動を排除して、電子が媒質中を拡散していく現象の事を言う。

本書の中では、混乱を避けるために Electron Transport の意味で「電子移動」を使っているではない。しかし、Electron Mobility の訳語として「電子移動度」を用いることは容認している。

物性物理では Electron Transport の訳語として電子輸送という言葉も使われるが、本書の著者はその慣習に従い用いていない。(10-1,10-2,10-5 参照)