

ミクロ世界の粒子と光

原子・分子と放射光

発刊の言葉

さきに当委員会が作成した資料『ミクロ科学とエネルギー』(以下前編と呼ぶ)の続編として、ここに『ミクロ世界の粒子と光』をお目にかける。続編であるから、前編を読まれたあとに本書をお読み頂く事を想定してはいるが、本書だけ独立に読まれた場合でも理解できるよう、執筆・編集に当たって配慮した。そして前編同様に、高校および大学低学年の人達が理解できるようにという点に最も注意を払った。

本書の内容はすでに完成した前編と当然の事ながら密接に関係している。現に上の二つのタイトルを見ても読者は非常に似ていると感じられたと思う。そして本書と前編との違いを知りたいところであろう。そこでここでまず本書の扱う範囲や特徴を概括的に述べ、そのあとで各章の内容に触れることとする。

一言で言えば本書では前編に加えてミクロ科学の考察と応用例の説明を展開し、一層広くミクロ科学の可能性を明かにするのが目的である。タイトルにある「粒子」とは本書では原子・分子、並びに電気を帯びた電子、イオンなどを指し、また「光」とは目に見える光だけでなく、赤外線、紫外線、X線をも含めた、電磁波を指している。

まず現在までのミクロ科学の成果、つまり原子・分子の世界の単純な原理とそこから生まれる複雑な現象との関係、さらに宇宙史のなかで原子・分子がどのようにして誕生したかを実感して貰うのが第1章である。次に第2章では基本的かつ初歩的な電磁気学を説明したあと、超伝導や電波望遠鏡など、電磁気の最新の応用を紹介し、併せて第3章への準備とする。

次に第3章では最近発展が目覚ましい放射光の原理と応用について解説する。この分野ではわが国に最近世界に誇る設備が完成しており若い世代の活躍が期待されるところである。ミクロ世界では電気を帯びた粒子が運動方向を変えたり、速度を変えたりすると光が放出される。このような幻想的な現象が起こる世界の話である。その応用は大変広く、学問としての物理学や工学だけに限られず、産業界、医学、生命科学にまで及んでいる。ところがこのような極微の世界の夢を実現させるためには一見ごつくて、巨大な電磁石や、加速のための金属パイプ、そして高度の真空が必要という、現在の学問の様相にも気付いて欲しい。

なお本書のみを独立して読まれる読者の事も想定して、前編の内容を簡単に要約しておこう。前編では、まず物体の運動と力の性質から説き起こして力学の法則を解説した。そしてその際に見出されるエネルギー保存則に注目して、その視点から自然界における様々なエネルギーの形態と、その変転が伴う現象を眺めた。そして現在までに開発された多様なエネルギーの利用形態を考察した。次にミクロ世界を支配する法則、特に量子力学の法則をこの世界の探究の歴史と共に紹介し、20世紀にこの分野の学問が解き明かした自然界の驚くべき構造を覗いたのである。そこには今なお宇宙の起源にまつわる、ニュートリノに関する謎が存在することも紹介された。最後に、ミクロ世界と我々の日常生活を結んでいる放射線について、その原理・性質と利用形態が解説された。

以上、前編では解説にあたってなるべく暮らしの中に見出される現象・事実から説き起こすという手法を採用した。従って、沢山の項目が紹介される順序は必ずしも学問の構造と一致しておらず、むしろ説明上の必要や流れに応じて新しい項目を持ち出す方式であった。読者は場合によって既存の教科書の記述パターンと比べて戸惑ったかもしれない。これと対照的に本書は、初歩的とは言えかなり学問上の論理的な順を追って述べられている。つまり従来の慣例的な順序に近いと言える。もともと学問それ自体の論理的な構造というものは、未知の問題に挑戦したり、幾つかの仮説から正しいものを選択しなければならない場合は大変重要だが、初めてその学問に接する者には煩わしいものである。そのため前編ではその論理性は脇へどけたのだが、本書では記述を一步深く進めるためにおのずとこの論理的傾向が出て来た。これも自然科学の特徴として理解して欲しい。読者は多少、方式として馴染めないものを感じるかもしれないが、この程度の記述ならばそれほど困難を感じない筈である。

以上、前編を振り返ったあとで改めてこの「ミクロ世界の粒子と光」について述べれば、前編で語り尽くせなかったこの宇宙の歴史の驚異、さらには現在も追い続けられているミクロ世界の夢が語られている。前編と本書を併せて、読者がミクロ世界の多様な事実と可能性を知り、魅力を感じて下さることを願っている。発電用原子炉の燃料の中で運動している中性子も、放射光施設の金属パイプの中を走っている電子も共にミクロ世界の粒子なのである。この分野の科学がもたらした世界を広い展望の中で眺め、改めて各人の個性の赴く所にしたがって新たな世界観が読者のなかで広がることを期待する。

平成11年3月

財団法人 日本原子力学会

原子力基礎学習資料調査

特別専門委員会

主 査

仁科 浩二 郎

目 次

第1章 原子、分子そして結晶	1
1-1 物質の世界	3
(1) 多様な変化のなかで不変のものがある	3
(2) 不変な水分子の存在	4
(3) 水分子と水分子を結びつける力	8
(4) 原子と分子	14
(5) 物質を凝集させるための3つの力	16
1-2 原子、分子、結晶の構造とその種類の見分け方	17
(1) 原子のなかの原子核	17
(2) 原子のなかの電子構造：周期表	19
(3) 分子の形はどのようにして調べられるか	23
1-3 化学反応—見えない物質変化を見る	30
(1) 質量不変の法則と原子説の発展	30
(2) 化学反応はどのようにして起きるのか	31
(3) 放射線とは何か	32
(4) 水1kgに1Jのエネルギーを与える	34
(5) 放射線化学反応	35
1-4 元素の起源と分子の進化	36
(1) 星のなかの核融合反応でつくられた原子	36
(2) 分子の誕生	37
(3) 宇宙放射線による化学反応の促進	39
(4) 物質の歴史性	41
第2章 電気と磁気、電磁波	89
2-1 静電気の発見—電荷と電場	91
(1) 静電気がおきるとき	91
(2) クーロンの静電気研究—クーロンの法則	91
(3) 電場—電気力線のある空間	92
(4) 電位、電位差とは	93
2-2 導体と電流—オームの法則	93
(1) 電流—電荷の流れ	93
(2) オームの法則	94
(3) 半導体がひらいた世界	94

2-3 電気と電場 — 地球は磁石	95
(1) 磁気と磁場	95
(2) 地磁気 — オーロラの演出者	97
2-4 電流の磁気作用 — 電磁気学のまとめ	97
(1) 電気と磁気の関係の発見 — エルステッドとアンペールの研究	97
(2) 磁気から発生する電流(電磁誘導)の発見 — ファラデーの実験	98
(3) 電流の磁気作用の応用	99
(4) 電子顕微鏡の発明	99
2-5 電力 — 電気エネルギーの大量利用	100
(1) 電池から発電機へ — 直流利用から交流利用への広がり	100
(2) 変圧器 — 電圧の容易な変換	101
(3) 電動機 — 電気に仕事をさせる	102
(4) 電力 — 社会を支える電気エネルギー	102
2-6 超伝導 — 電気抵抗ゼロの世界	103
(1) 超伝導現象の発見	103
(2) 超伝導技術の応用への期待	103
2-7 電場と磁場の振動 — 電磁波とその応用	105
(1) 電磁気学の体系化 — マクスウェル方程式とその予言	105
(2) 電磁波の分類	106
(3) 電磁波の利用	106
第3章 加速器と放射光	143
3-1 加速器の歴史	145
(1) はじめに	145
(2) 加速器の歴史	145
(3) 加速器の基礎	151
3-2 放射光	153
(1) 放射光とは何か	153
(2) 放射光の発生	154
(3) 輝度	159
(4) 電子ビームのエミッタンス	160
(5) 挿入光源	161
(6) 放射光の特長のまとめ	162
3-3 放射光の歴史	163

3-4 電子加速器と蓄積リング	165
(1)放射光加速器の構成	165
(2)線形加速器	165
(3)シンクロトロン	166
(4)蓄積リングの構成	167
3-5 SPring-8の概要	169
(1)概要	170
(2)光源に対する要求	170
(3)SPring-8における低エミッタンスラティスの設計	171
(4)SPring-8の長直線部	172
(5)SPring-8の施設	172
(6)SPring-8の挿入光源	175
(7)SPring-8の蓄積リングの現状	176
3-6 放射光の利用	177
(1)基礎的な話	177
(2)SPring-8のビームライン	180
(3)利用研究	181

今回の会議にて配布した資料は多量な資料の為、入手を希望される方は下記3機関において閲覧・複写（有料）に応じております。

●原子力公開資料センター（東京都文京区白山5-1-3-101）

TEL 03（5804）8484 東京富山会館ビル6F

土・日・祝日、10/1日は休館

●未来科学技術情報館（東京都新宿区西新宿）

TEL 03（3340）1821 新宿三井ビル1F

第2・第4火曜日は休館

●サイエンス・サテライト（大阪府大阪市北区扇町）

TEL 06（6316）8110 扇町キッズパーク3F

月曜日、祝祭日の翌日は休館