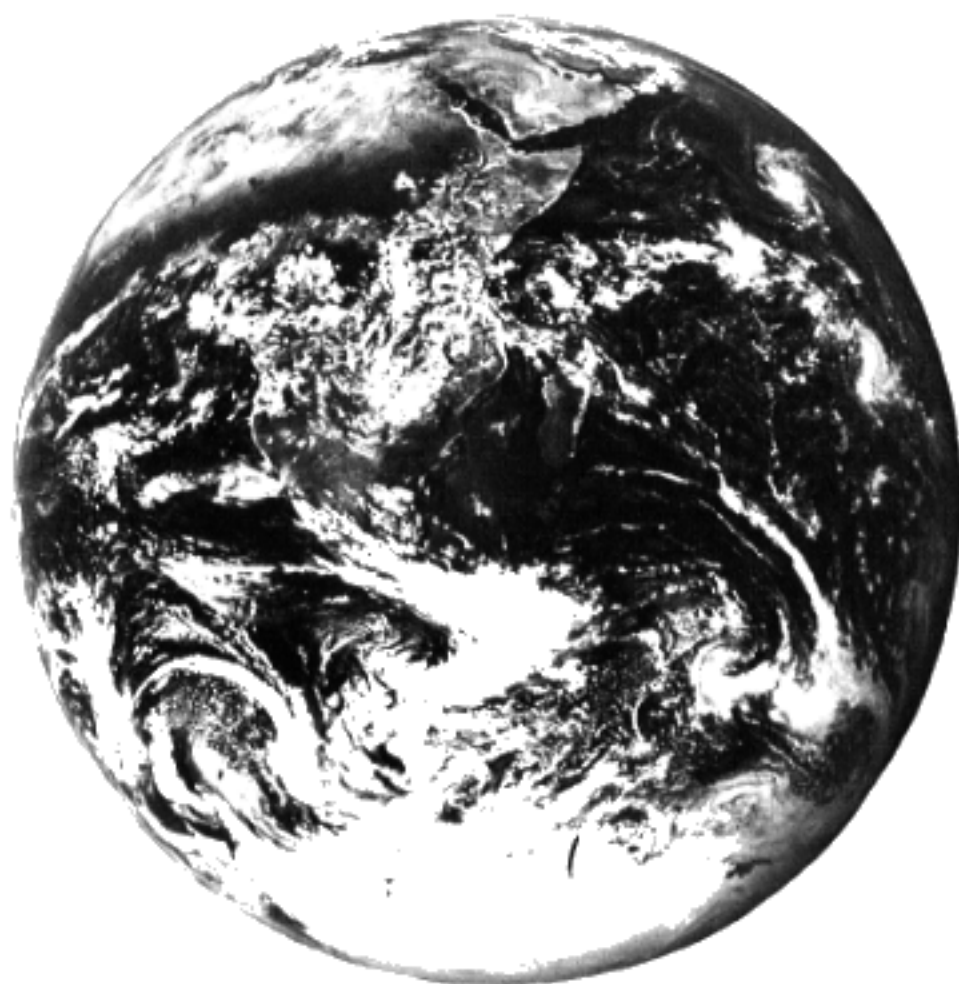


ミクロ科学とエネルギー



発刊の言葉

青く美しい地球を背景にして、日本人宇宙飛行士が宇宙を遊泳する姿を見せた最近のテレビ映像は実に素晴しかった。果てしなく広がる宇宙、その宇宙空間を泳ぎながらさまざまな課題に挑戦する飛行士、さらにその孤独な飛行士と我々の地球を繋いでいるスペースシャトル、この3者が織りなす緊張感あふれる美しい情景であった。

そのさなかに宇宙飛行士が見せた動作は、予想もしない奇妙な振る舞いとして我々の目に映った万有引力と物体運動の法則は、広大な宇宙をその誕生以来ずっと支配し続けてきて、現在の我々の日常動作をも支配しているのだが、地球上と異なる極限状況では人体の運動に不思議な効果を生むことをまざまざと見せたのである。この種の現象を扱う学問に詳しい人達でさえ、このドラマの迫力には感動したのであった。

さてこの画面の背景に目を転じると、そこに我々の住み慣れた地球が天体として浮かび、その地平線が丸みを見せている。その球面上に広がる大陸の海岸線を目でたどると、確かに世界地図が示す通りである。宇宙遊泳ドラマに熱中した目をふと移して、遠くに浮かぶこの地球を眺めると、何とも懐かしい気持ちが湧くと同時に、『国境を超えた』という言葉が脳裏をかすめる。数世紀前から始まった科学技術の探究が、ついに宇宙探究の大プロジェクトにまで発展し、今まさにその活動は国境を超えて未知の領域に挑戦しつつある。その事実を象徴する場面が眼前に展開していたのだった。

ここで、その球体上の一点に暮らす我々の生活を思い浮かべてみよう。茫漠として広がる宇宙に比べて、何というコントラストだろうか。家庭にはテレビ、洗濯機、冷蔵庫を初め実に多くの電気機具が並ぶ。社会生活では自動車、鉄道、航空機などの大量輸送手段がある。大都市には、店舗やオフィスを内側に収めて多様な活動の場となっている巨大なビルが立ち並ぶ。そしてその人間社会の活動では、今や意思の決定や迅速な情報伝達の多くを電子機器が担うに到っている。このように地上には我々が科学技術の応用として生み出した生産物、商品がまさに溢れている。そして何よりも、そこには今や60億を越すばかりの人間集団の生活がある。

さきほどの宇宙遊泳の画面で見た果てしない情景には、宇宙の開びやく以来とか、地球の誕生以来という、何億年という尺度の時間がふさわしい。これと対照的に、科学技術の成果が製品として生活上に現われ始めたのはせいぜい2~300年前からであろう。宇宙の年齢に比べれば実にわずかな時間経過である。この300年間に何が宇宙遊泳を可能にしたのだろうか。なぜ我々の天体だけがこのような文明・文化を育てたのか。そして今後我々の活動の舞台はどのように進展し、人類はどのような可能性に向かって進んで行くのか。上に見たコントラストはどうなるのだろうか。

重力の壁をほとんど征服した人間が、宇宙空間で活躍し始めたのを機会に、このような問いを投げかけ、その努力の歴史を振り返ってみると沢山の考察が可能である。ここでは特に次の事実注目したい。我々の知識や技術が今の水準にたどり着くまでに、人間は努力し、失敗し、そして結局は成功して進んできたのである。その努力を支えた科学技術にしても、常に成功の歴史ではなく、予想外の挫折と進展の繰り返しだったのである。

残念ながらこれらの進展をここで詳しく述べる余裕はない。しかしその技術や物理学の発展の基礎となった一般的な原理を初歩的な形で、身近な現象から説き起こして分かりやすく述べることにしよう。これを理解することで、あなたがたがこの宇宙、言い換えれば自然界全体を注意深く、論理的に眺めるようになることを期待している。これからも人類の科学技術の歴史の上には予想外の出来事や画期的な進歩が報じられるだろうが、それを表面的なニュースとしてではなく、系統的に解釈しようとする習慣を少しでも身につけて欲しい。

このようにこの副読本では、人類の技術進展の初歩的な部分をたどるのだが、その中で特に『ミクロの世界』と『エネルギー』に的を絞ることとする。なぜ特にこの二つの分野に注目するかというと、この二つを扱う学問分野が私たちの生活に欠かせない生産物を生み出したばかりでなく、上の宇宙探査技術の例も含めて、最近の自然科学の進歩を支えて来たからである。これら2分野を理解する事は、未来に向けた科学技術の可能性を探る際に基本となりヒントともなろう。文章の形式としては身近な話から出発して分かりやすく説明し、読者諸君が日常感じる疑問をできるだけ自分なりに解けるように配慮した。

ここで上に述べた二つの学問分野について、展望をもう少し述べておこう。まず第1は『ミクロ(微視的)の世界』である。『ミクロの世界』とは何だろうか。それは『マクロ(巨視的)の世界』と比べて、対比的に使われる言葉である。例えば我々が日常、肉眼で見ている海やそこで巻き起こる波の運動は、マクロ(巨視的)世界の物体とその運動である。これらは人類が地上で活動を始めて以来、5感で感じてきた世界に他ならず、科学が発達する前から知られていた世界である。これに対して、目に見えない小さな基本的構成からこのマクロ世界を作り上げているのが『ミクロ(微視的)世界』なのである。この世界では、肉眼ではまったく見る事ができない小さな粒子が無数に運動しており、これを支配する運動法則はマクロ世界のものと全く異なっている。

人類はこのミクロ世界を過去2~300年間、英知を傾けてさまざまな手段で観測し、その支配法則を発見し、系統的な学問として積み上げてきた。20世紀の科学は、いわ

ばミクロの世界が発信する様々の情報に19世紀後半、科学者が注目したことによって始まり、開花したと言えよう。その成果を君たちに解説しながら、その成果がどんな恩恵を現在我々にもたらしているか、あるいは将来もたらそうとしているかを解説しよう。

第2の課題は、エネルギーという量についてである。この量をテーマとして、あるいは解説の切り口として採用する理由は、二つある。その第1は、科学の探究、特にミクロ世界の科学の探究では、エネルギーという量の収支計算が、重要な道標となったという歴史的経過である。しばしば科学の探究が行き詰まったとき、科学者はエネルギーの保存則を改めて調べ、その表現形式をそれ以前より拡張することで、新しいエネルギーの概念に到達し、その結果、より広く使える、より美しい法則を発見したのである。したがって、以下のミクロ世界の記述では、ごく自然な形でエネルギーと言う言葉が出てくるだろう。

エネルギーに付いて語る第2の理由は、これを利用という観点で眺めた場合、それが人類にとって重要な資源であり、現在の我々の豊かな生活に欠くことができないと言う事実である。元来、人間は生命を維持するためにエネルギーを必要とするが、そのためにこの補給を食べ物摂取でおこなっている。これに似てエレクトロニクス機器を作動させるには電気エネルギーが必要である。その他、科学技術の成果を利用する機器は、ほとんど例外なくエネルギーの補給を前提とする。それがあって初めて文明の利器となり、人類に豊かな生活文化をもたらすのである。つまり現代社会は莫大なエネルギー資源によって支えられていることを認識して欲しい。このエネルギーの必要量は地球規模で増え続けており、21世紀に人類が必要とする量をどのように確保するかは重大な問題である。エネルギーのこのような側面もあわせて注目して欲しい。

次に各章の内容を概観する。まず第1章では、我々の日常生活の中に見出される、さまざまなエネルギーの形態に注目し、特定のエネルギーがそれら各形態の間を変転する有様と、その変転の際の法則を紹介する。第2章では自然界におけるエネルギーに注目し、人類の生活を支えるエネルギーが資源として、現在どのように入手され、消費されているかを示す。第3章では今世紀になって明らかになったミクロ世界の構造を、歴史的な経過をまじえて説明する。ミクロ世界の様子が、われわれがなれ親しんでいるマクロ世界とは全く異なるのに、読者は驚くであろう。第4章では、放射線の基本的な性質と、放射線の利用にあたって科学者、技術者が築き上げた技術、さらに利用に当たっての安全上の配慮や約束を述べる。放射線は、マクロ世界に住む人類へミクロ世界から送られたメッセージとも言えるから、今後の科学を進めるには、放

射線と正しく付き合うことが、非常に重要である。以上の他に、各章には、囲み記事として比較的簡単に行える実験を紹介した。

終わりにこの書物がもたらす社会生活上の効果として我々が期待しているところを述べたい。今まで科学技術に関しては、その目覚ましい進歩のうちで結果だけが喧伝されがちであった。例えば今まで君たちの多くは、消費生活に溢れる多くの製品の原理まで理解する余裕はなかったと思われる。しかし原理に注意を向けずに使用法習得だけで良しとしては、その製品を言わばブラックボックスとして扱うこととなり、新製品に振り回される生活パターンが生まれやすい。これでは時代と共に新しい技術製品が次々と現れれば、生活の便利さは増すものの混乱も増し、我々の生活が本来の自然な姿から歪められる危険がある。これが理由で、技術の進歩はもはや不必要であると主張する人さえある。

そこで我々は、これら技術の進歩を底流で支えている基本的な原理を、たとえ初歩的な形とはいえ、この書に盛るように努めたので、読者はそれらを学んで欲しい。自然現象とその法則性を知り、目に触れる自然現象の背後に深く潜む美しさや、偉大な実態に触れるとき、読者は深い驚きを覚え、人間の思い上がりを悟ることもあるだろう。

科学技術がもたらすさまざまな課題、たとえば日常生活におけるコンピュータのアンバランスな利用とか、科学技術の活用に当たっての心の問題、ひいては倫理上の課題までは、本書で言及することはできない。しかし、表面的な見せかけのみでなく、物事の基本から系統立てて考えるという意味で、本書が扱う内容を学ぶことが、現代の課題に立ち向かう際の考え方の訓練になることを願っている。われわれは物質文明に溺れず、科学技術の産物との正しい付き合い方を知って、物心両面で豊かな生活を21世紀に楽しみたいものである。

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 いろいろなエネルギー	1
1-1 運動とエネルギー	3
(1)速さと速度はよく似た顔の兄弟	3
(2)加速度と速度変化	4
(3)力は運動のもと	5
(4)ニュートンの運動法則をみる	7
(5)物が落ちる	9
(6)運動量は運動する物体の勢いである	12
(7)仕事をするとエネルギーを消費する	13
1-2 さまざまなエネルギー	14
(1)力学的エネルギー	15
(2)化学エネルギーの魔法	16
(3)小粒ながら大きなパワーを生み出す原子核エネルギー	18
(4)エネルギーは保存される	19
1-3 暮らしと熱エネルギー	22
(1)熱と温度	22
(2)物質はどこまで温度を下げられるか	24
(3)物質の体積は温度によってかわる	25
(4)物質は熱エネルギーを吸収する	27
(5)内部エネルギーと断熱変化	28
(6)熱を仕事に変える	29
(7)熱は高温熱源から低温熱源へ伝わる－いろいろな熱の伝わり方	32
(8)暖房と冷房の不思議	34
(9)熱が環境を汚染する	36
1-4 暮らしと電気エネルギー	37
(1)電荷と静電気	37
(2)電子は導体を流れる	39
(3)電力と発電	42
(4)磁石と電気	45
(5)電磁波	49
第2章 暮らしの中のエネルギー	51
2-1 宇宙のエネルギー	53
(1)46億年前に誕生した太陽系	53
(2)金星・地球・火星における大気の歴史；水と二酸化炭素	54
(3)40億年前の生命の誕生	56
(4)大気中の酸素とオゾン	57
(5)人類が出現してから	58

2-2 エネルギーと地球環境問題	60
(1)生物としての1人の人間の消費するエネルギー	60
(2)太陽のエネルギー活動	61
(3)人類のエネルギー消費の増大	62
(4)地球汚染問題の変遷	63
2-3 新エネルギー開発の現状	64
(1)太陽光エネルギー利用	64
(2)風力エネルギーの利用	66
(3)地熱エネルギーの利用	66
(4)燃料電池の利用	67
(5)生物エネルギー(バイオマス)の利用	69
2-4 核エネルギー開発の現状	69
(1)核分裂連鎖反応とは	69
(2)原子炉と原子爆弾の違い	70
(3)火力発電と原子力発電の違い	71
(4)天然ウランと濃縮ウラン	73
(5)沸騰水型(BWR)原子力発電のしくみ	74
(6)加圧水型(PWR)原子力発電のしくみ	76
2-5 エネルギー源の多様化と省エネルギー	76
(1)長期エネルギー需給見通し	76
(2)ベストミックス	77
(3)今後の省エネルギーの課題	78
第3章 ミクロの世界を探究する	79
3-1 万物は原子からできている	81
(1)ギリシャ時代にも原子を考えた	81
(2)錬金術から近代科学へ	83
(3)ドルトンによる近代的原子論	83
3-2 電子の発見	85
(1)陰極から何かが放出される	85
(2)陰極線の実体は何か	86
(3)電気量の最小単位を探す	87
3-3 光とは何か	88
(1)光は粒子であるか波であるか	89
(2)量子のおこり	93
(3)金属に光をあてると電子が飛び出す	95
(4)光子という考え	96
(5)光子も運動量をもつ	96
(6)X線の波長が伸びる	97
3-4 光速に近い世界	98
(1)光を伝える媒質はあるか	98

(2) あらゆる運動は相対的である	99
3-5 原子の中を調べる	101
(1) 原子はどのような構造をしているか	102
(2) 原子核が存在する	103
(3) 水素原子はつぶれない	105
(4) 古典論は否定されたか	106
3-6 量子力学の誕生	107
(1) 粒子も波動性をもつ	108
(2) 粒子と波に区別はあるか	110
(3) 電子はどこにいるのか	110
(4) 虚数が物理的な意味をもつ	113
3-7 いろいろな原子	113
(1) 周期表の発見	114
(2) 1つの量子力学的状態に2つの電子は入れない	115
(3) 2つ以上の電子をもつ原子	118
3-8 原子核はさらに小さな核子からできている	118
(1) X線と放射能の発見	118
(2) 放射線の正体は何か(図3-57, 表3-2)	119
(3) 元素は変換する	119
(4) 中性子発見物語	120
(5) 原子核は陽子と中性子からできている	121
(6) β 崩壊と核力の問題	122
3-9 原子核反応と化学反応の違いは何だろう	126
(1) 原子, 分子の結合	127
(2) 物が燃えるとなぜ熱が出るのだろうか	128
(3) 原子核反応の発見	129
(4) 原子核はエネルギーの低い状態にあり, その質量は減少している	130
(5) 原子核は分裂する	131
(6) 原子核は融合もする	133
3-10 物質の究極の姿を求めて	134
(1) 量子力学と相対論のドッキング	135
(2) 量子力学に欠陥がある	137
(3) 素粒子の間にはたらく力	139
(4) いろいろな素粒子とクォーク	140
(5) 統一理論へ向けて	141

第4章 暮らしの中の放射線

4-1 放射線の発見	147
(1) X線の発見	147
(2) 放射能の発見	147
(3) α 線, β 線, γ 線の発見	148

(4)中性子線の発見	149
4-2 自然界にある放射線と放射能	150
(1)大地から受ける放射線	152
(2)食物から受ける放射線	154
(3)宇宙から受ける放射線	155
4-3 放射線の種類と性質	156
(1)いろいろな放射線	156
(2)放射線はエネルギーをもっている	158
(3)放射線には、どんな性質・作用があるか	159
(4)放射能と放射線は違う	160
(5)放射能の強さは、どう表すか	161
(6)放射能は減衰する	162
4-4 放射線と物質との相互作用	163
(1)荷電粒子が物質に当たると、どうなるか	164
(2)X線や γ 線が物質に当たると、どうなるか	164
(3)中性子線が物質に当たると、どうなるか	166
4-5 放射線の測定	167
(1)放射線を測る	167
(2)放射線量や放射線の強さとは、何だろう	168
(3)放射線の強さは、放射能の強さに比例する	169
(4)環境中の放射線の測定	169
(5)環境中の放射性物質の測定	170
(6)人が受ける放射線の測定	170
(7)身体の中の放射性物質の測定	170
4-6 放射線の利用	170
(1)放射線・放射性物質は、なぜ利用されるか	170
(2)工業分野では、どのように利用されているか	172
(3)農業分野では、どのように利用されているか	176
(4)医療分野では、どのように利用されているか	181
(5)その他の分野における利用	183
4-7 放射線の安全取り扱い	185
(1)放射線の安全管理	185
(2)放射線のモニタリング	186

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