

## 総合科目「エネルギー」について

### 国 分 寛

#### はじめに

香川大学一般教育部において開講されている自然系総合科目「エネルギー」は、昭和47年度から実施されて来た。開講1年を経過した段階で、一般教育研究第4号に近藤により内容の概略と、分担講義について問題点等が述べられた。

総科科目「エネルギー」は、現在4年を経過したが、講義形態は従来通り分担方式をとっている。内容的には年度毎に、長期出張者による一部変更や、分担者の追加、辞退等があったが大綱には変化がなく、経験蓄積から整理、追加を行ない着実に充実しながら現在に到っている。分担方式の問題点は既に指摘された通りであって、種々問題のあるところであるが、「エネルギー」といったテーマをなるべく広い分野にわたって網羅し、その中から統一的概念を把握させるとすれば、講義形態は、広い学問分野にわたることからしても分担形式によらざるを得ない。しかし、この形式にも利点があり、学生のレポートに見られた、ある分野への学問的興味の拡大、深化、専門別講義から導かれる講義への魅力等は、その最たるものと言へよう。勿論授業者側として、内容の連続性、中心課題、評価等留意すべき点、解決すべき点多々存在するが、過去4年間の実績を踏まえ、更なる発展性を考える必要に迫られている。

#### 授業内容について

一般教育において自然科学を教授する際に、内容的にみると、大きく自然現象を統一的にとらえ自然観を涵養する面、また各自然科学分野における個々の理解把握のための基礎的学習、あるいは境界領域における各分野の相互関係の理解、統一概念の養成、さらに自然科学と他分野との関連性、人間生活とのかかわり合いの解明等種々ある。それらの中でいずれを先習するのが良いかはそ

れぞれ論のあるところであろう。ただ総合科目の性格からみて自然科学を一年間に履習せしめるには、おのずから専門分野についての限界も考慮しなければならず、それらの中の一分野に重点を置き、名分野をその補足的に取扱うことには問題がある。例えば「エネルギー」について、自然科学内の生物学に位置づけて居るが、そのため講義内容を生物に集中するような方法は取るべきではない。生命現象発現のため生物は各種のエネルギーを利用しているし、また人間生活のためのエネルギー利用も特異な形態として存在しているが、本総合科目「エネルギー」ではエネルギー概念を正しくとらえることに主眼点を置き、生物とエネルギーのみを強調されるべきものではない。

開講当初から講義内容の構成はつぎのように組み立て、大要には変化はなくまた分担教官も天文学1，物理学2，化学2，生物学3，工学2～3の10～11名である。

## 内 容

### I 宇宙とエネルギー

1. 太陽とそのエネルギー源
2. 星間物質と星の誕生
3. 星の進化

### II 物質とエネルギー

1. 原子・分子のエネルギー
2. 原子・分子の集団
3. 化学結合
4. 化学反応

### III 生命とエネルギー

1. 光エネルギーの固定
2. 生活エネルギーの生成
3. 生体エネルギーとしてのATPの役割
4. 植物群落の光合成と物質生産
5. 動物個体のエネルギー収支
6. 生態系におけるエネルギーの流れ

#### Ⅳ エネルギーの利用

1. 機械エネルギー
2. 原子力エネルギー

注 各章内の講義内容については省略

この内容についてはエネルギーを主テーマとして、その統一的理解を得ようとする場合、各分野を相互に関連させながら上記の順に講義を展開すれば、略無理なく目的を達し得るのではなかろうかと考えた結果構成されたものである。したがって、上記の内容は互にそれぞれ関連を持ち、Ⅰ～Ⅳは並列の関係にある。この中で講義主体をどこに置くかについては特に問題とはならないし、またそのように考えてよいであろう。或る分野例えばⅢ生命とエネルギーが中心テーマであり、他の分野はこのための副テーマとなるべきものではない。もしこのような形をとるならば、単にエネルギーの一側面についての理解を得るに止まり、エネルギー概念についての統一された理解とは程遠いものとなるであろう。要はエネルギーの形態には種々あり、宇宙という超マクロの世界、原子、分子のミクロの世界、特異な存在を示す生物界、さらにそれらを通じて統一された形、相互関係、本質的に同一なものの存在形態の相違を理解するにはむしろ並列に取扱うべきものであらうと考えられるのである。勿論、上記目的を果すためには内容の検討、相互の流れ等準備に万全の努力をほらい実施すべきものであるが、一応粗造りの段階で内容については各教官の配慮にまかされたのが初期の実状である。講義経験の中で各章（Ⅰ～Ⅳ）内においては、それぞれ検討も行なわれ内容の章内体系化はある程度整ったものと思われる。

当初講義内容を分担形態に置き換えたことについて、近藤はその弊の一つとして羅列的講義、中心テーマに欠ける点を指摘し、さらに内容の検討準備と講義を分離することを提案した。これは多人数分担によるコマ切れ授業、平板な授業からの脱却を目指したものであった。しかし、分担方式が4年間経過した現在、この方式による利点も出て来た。それは、多人数分担による2～3回のテーマ別講義は、1人の教官の講義で経験する惰性（真剣に取り組んでも避け得ない）から逃がれ得ること、内容の変化による新鮮さの期待（学生側から）、等をあげることが出来る。この新鮮さへの期待はむしろ多人数分担授業でなけ

れば出来ないことであり、講義内容の連続性を十分に配慮するならば却って良い結果をもたらす形態であろう。

### 授業内容組み立ての例

総合科目「エネルギー」では前述したように、エネルギー概念を統一的に把握せしめることに目標を置いている。エネルギーという広大な領域を持つ対象であるだけに、各分野からの複数教官の参加がなければ処理し得る問題ではない。しかし反面分野の異なる教官による講義を通じ、統一された内容とするのもまた至難の事柄である。「エネルギー」の内容をⅠ～Ⅳに区分したのは、もっとも基礎的なものから出発し、それらの性質、法則性の上に立って生物の生命現象、あるいは生活にそれらがどのようにとり込まれているか、またもっとも複雑な人間が生活に如何に有効に利用しているか等を探ることにした。したがってⅠ～Ⅳはそれぞれにおいて系統性を持たせることにを第一に考え、さらにその内容を他に波及し得るよう順序立てた。生命とエネルギーがⅢ章として組み込まれた理由はここにある。

Ⅲ章は生命とエネルギーを主テーマにしたが、この内容を検討する際に考慮した点、それらを基本にした講義展開を1例として示す。

地球上に住む全生物の生命維持は、すべて太陽エネルギーに依存している。そしてまた生命体の構成は、生体構成元素の結合エネルギーに他ならない。まず、これを基礎に置いてⅢの内容の組み立てにあたった。したがってⅠ、Ⅱの内容がⅢの基本として関連をもつことになる。

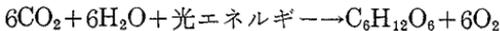
植物が太陽エネルギーを固定する場合、光エネルギーはクロロフィルに吸収されるが、このためクロロフィル分子は励起状態になって、安定な電子状態から電子を放出する。この電子が電子受容体に受取られると、クロロフィルは水を分解して電子を新たにとり込み、光エネルギーによってまたクロロフィルからの放出がおこる。光を吸収する限りクロロフィルではこの反応が起こり、電子受容体の還元（電子を受取ること）が続くのである。このことから植物による光エネルギーの固定は第一に電子の流れとしてとらえることが出来る。また生物は生命維持のため呼吸作用を行なうが、この場合もエネルギー生産の場

おいては電子の流れである。要するに生物の生活は基本的には電子の流れ（酸化還元系）に外ならない。

光エネルギーによって還元された電子受容体の蓄積は、これを酵素反応系にもつ代謝作用に影響し、光エネルギーが無ければ当然進行する筈の分解化学反応が、停止させられ次に逆行するようになるこれが光合成である。このようにして光エネルギーは酸化還元系に組み込まれ、光合成の第一次産物（還元性物質、糖類）として蓄えられる。

反面生活エネルギーは蓄えられた光エネルギーの放出現象であって、糖類その他の生体物質等として蓄えられている化学エネルギーを、呼吸作用を通じて $\text{CO}_2$ と $\text{H}_2\text{O}$ に分解する。呼吸作用で生活エネルギーの生成は、酸化還元反応系を経て水を生成する所に基本があり、さきの光合成とは全く逆の関係にある。

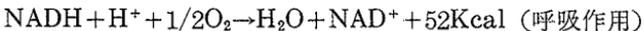
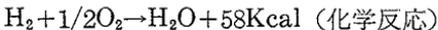
即ち 光エネルギーの固定



呼吸作用によるエネルギーの放出



また呼吸作用でエネルギー生成の観点からみるならば



で示され、生体内反応は化学反応（酸水素反応）と全く同一である。ただ化学反応では一段に進行し、エネルギーは殆んど熱エネルギーとして放出されるのに反し、生体内反応では酸化還元反応が数段階でおこり、この中のいくつかでATPが生産される。これは結合エネルギーである。以上のように生命現象が、太陽エネルギー、電子の流れ、反応性、結合エネルギー等から総べて自然科学の法則に支配される点の理解を計ることでⅢにおいて、生物の分子レベル、細胞レベル、個体レベルにおける生命とエネルギーの出発点とした。

さらにⅢでは、植物の光合成による物質生産（地球上全生物の基礎的物質）をとりあげ、生物社会内における物質の循環（エネルギー循環）を、植物→動物（個体→群）に広げ、最後に生態系に及んで生物とエネルギーの関連をまと

めた。

Ⅲで取上げたエネルギーの問題は、Ⅰ、Ⅱで述べられたものの一部に過ぎないであろう。といってⅠ、Ⅱの内容を簡略するのは当然ない。Ⅰ、Ⅱの広範なエネルギー形態の一部が全生物の生活を支配するものであり、生物の生活の基本をⅠ、Ⅱと関連づけてこそエネルギー概念を理解し得るものと思われる。

この意味からⅣのエネルギーの利用は、Ⅰ～Ⅲとは異質ではあるが、別な面（人間生活とエネルギー）で重要な意義を持つ。

以上が「エネルギー」講義に際し、Ⅲの内容を構成した要点であるが、決してⅢが中心になるものでなく、Ⅰ～Ⅳの関連の中に並列に置いてこそエネルギー概念の理解に役立つ一部であることが明かであろう。

#### 到達度判定の問題点

複数教官分担講義形式は、講義内容の新鮮さ、講義への期待感、部分的であるが充実感、問題に対するアプローチの相違等いくつかの利点はあるが、反面以上の裏返しの欠点も存在する。就中、「エネルギー」全体を通じての受講生の到達度判定の方法が見出せない点は大きい。講義の内容配列には前段で述べたように順次性を持たせてはあるが、講義によって啓発される分野が学生個々に違いがあり、そこに講義の目的の一つがあれば、期末に一括テストを実施しての到達度判定は無意味でもある。従来本講義では、分担者毎、又は2～3分担者共同でレポート提出を求めて到達度判定を行っているが、分担者毎のレポートは、各章毎のまとめであり、この中からエネルギー概念の統一的理解を求めることには無理があると思われる。少くとも講義分担者複数によるレポートテーマの設定にすることが必要である。この問題は分担者相互間の内容事前検討の必然性を義務づける点もあり、複数分担においてともすれば単発型になる講義内容に連続性を持たすことを可能にし、受講生の総合理解に益する点も多いものとする。

総合科目「エネルギー」は、今後も分担形態を基本として実施したい。とすれば評価到達度判定の方法については、常に上記諸問題が附随することになるが、この点に関しては分担者間において、講義内容の検討と共に日常的問題と

してより勝れた解決策が探られねばならない。

### お わ り に

総合科目「エネルギー」は開講以来4年を経過した。この間種々問題はあったが、講義形態を一貫して分担形式に置き、変更しなかった。総合コースは複数担当が基本というような観点からではなく、その中に個人担当形式より勝れた形を定着せしめる目的を持っていたからである。したがって今後も分担形成を維持し、その中から方法の改善がはかられることになろう。各担当者間の内容的、方法的連繫が更に緊密に行なわれることが要求される。

評価に関する問題点では、レポート提出による方法を継続し、レポート内容に各分野を網羅し得るよう配慮したい。この検討が、溯れば講義内容の改善、精選、系統性にもつながることが期待される。