

# 2001 年度「都市と環境」を担当して

泉水 義大

## 1 はじめに

現役を引退したばかりの筆者が 2001 年度から新たに開講する「都市と環境」を担当することになった経緯は当初担当予定であった S 教授が学内の選挙結果に拘束された所産であることをはじめにことわっておきたい。

R 科目は“立教らしい”科目というカテゴリーをもつとのことであるが、学生時代から“立教”と深く付き合ってきた筆者は“立教らしい”とはなかなか含蓄のある表現で、その捉え方は人様々であるように思う。しかし、立教大学が典型的な都市型の総合大学であるという観点にたてば、「都市と環境」というテーマをごく自然に立教大学に相応しい科目と受け止めることができる。今日大都市に生活する者にとって、それを支えるエネルギーの問題および廃棄物処理とその周辺環境、更に地球環境への影響に関する一定の基礎知識はほぼ必須の教養とさえいえるからである。このことを踏まえて、2001 年度の「都市と環境」は 2 項以降で述べる構成と内容で運営した。

ところで、立教大学の“特色ある教育”としてチャペルと学生部が中心に展開してきた教育活動が文部科学省の教育助成（継続）を受け、社会から高く評価されたことは広く知られるところであろう。この「教育」には正課の単位が認められていない。ボランティア教育の立場では、単位を伴わない「教育」に学生が積極的に参加することにむしろ意義があるのであるが、このような“立教らしい教育”に単位を認定する方向の検討を望みたい。

上のような有形の評価ではないが、旧一般教育課程総合教育科目の中で展開した多様な自由選択科目もまた“立教の特色”として外部から評価を受けたことを記憶に留めている。これらの例を含めた地道な実績がいわゆる“立教らしい”という表現につながっているものと筆者は受け止めたい。

## 2 講義のねらいと構成

2001 年度「都市と環境」前・後期のシラバスに多少筆を加えて以下に再収録する。

<ねらい>

今日の都市生活を考える上でエネルギー問題と環境問題の理解は不可分である。本科目は全学の学生にエネルギー消費と環境保全の調和について理解を深めてもらうことを目的として開講する。前期の講義（副題：水の環境とエネルギー）は水質環境の化学と関連のトピックおよび原子力に関する基礎知識で構成し、後期の講義（副題：大気環境とエネルギー）は大気環境の化学と関連のトピックおよび燃焼と反応熱の基礎知識で構成して、ともに主として文系・社会科学系学生にも理解できる範囲で展開した。

<前期授業の構成>

- § 1. 環境調査について
- § 2. 水質環境の化学—生活項目—
- § 3. 水質環境の化学—健康項目—
- § 4. topic—酸性雨の植物への影響—
- § 5. topic—湖沼の新たな水質汚濁—
- § 6. topic—欧米のダイオキシン汚染など—
- § 7. エネルギー事情
- § 8. 放射性原子とは
- § 9. 核反応と核分裂
- § 10. 放射線の作用と影響
- § 11. 例題演習

<後期授業の構成>

- § 1. 大気汚染概説
- § 2. フロンによる大気汚染
- § 3. 光化学スモッグ
- § 4. topic—灰と塩からのダイオ

キシン生成—

- § 5. topic—土壌のダイオキシン汚染—
- § 6. ディーゼルエンジン排出物と粒子状物質
- § 7. 食品化学とエネルギー
- § 8. 燃焼、排気と反応熱
- § 9. エントロピー変化の影響
- § 10. 電池の化学と自由エネルギー変化
- § 11. 例題演習

<授業方法>

講義は原則として10講話で構成し、毎回読切りの形で進めた。理解を深めるために例題演習および各期のまとめの時間をそれぞれ1回設けた。授業計画および評価の方法などは第1週目の授業のはじめに説明し、これを契約として守ることにした。教科書は用いず、講義資料を毎回講義の前に配付した。なお講義資料には引用文献やデータの出典を必ず付記し、その意義を伝えることも教育と考えた。

### 3 講義内容の一部紹介（抜粋）

講義の梗概を掴んでもらうために、後期§5、前期§7および後期§8の抜粋を紹介する。

“後期§5. topic.

土壌のダイオキシン汚染（内容抜粋）”

ダイオキシンは主に焼却炉や金属製錬工場などの排出ガスとともに燃焼副

生成物として大気中に注入され、移動して土壌や河川・湖沼に降下する。従って、有機物に富んだ湖沼の底質や土壌は大気中から降下するダイオキシンの集積マトリクスである。

全世界規模で、ダイオキシン発生源から大気中への推定注入量と大気中からの推定降下蓄積量を比較すると、後者は前者の約20倍にもなる。この原因として紹介する論文の著者らは“採集地域の偏り”を重視している。因みに、Bruzuzыらの研究までに行なわれたダイオキシン測定は、54%がヨーロッパ北部と中央、21%がカナダそして14%が米国ミシシッピ・川東部に集中している。

#### <研究結果と考察>

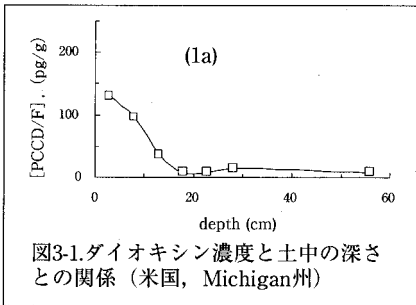


図3-1.ダイオキシン濃度と土中の深さとの関係 (米国, Michigan州)

図3-1.はミシガン州とグアム島で採集した土壌試料中のダイオキシン濃度と表面からの深さの関係の一例である。ダイオキシン濃度は深さ20～25cmで検出限界に達し、上部15cmの土壌にダイオキシン総量の80%以上が検出されている。図3-2.は同じ土壌試料中のダイオキシン濃度と有機炭素濃度の関係である。全ての試料で、ダ

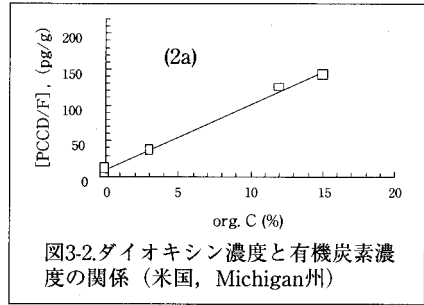


図3-2.ダイオキシン濃度と有機炭素濃度の関係 (米国, Michigan州)

イオキシン濃度は有機炭素濃度に比例する。このことから、大気中から土壌に降下したダイオキシンを補足するのに土壌中の有機炭素が重要な役割をすることがわかる。

しかし、インディアナ州の原生林内で採集した土壌試料中のダイオキシン濃度はミシガン州やグアム島の場合の100倍以上もあり、表面から深さ40～50cm付近で極大を示した後に少し減少するが約80cmでもまだ高い値を維持している (図3-3)。これらの違いの

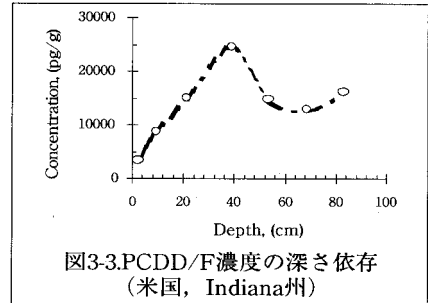


図3-3.PCDD/F濃度の深さ依存 (米国, Indiana州)

原因は、インディアナ州の土壌では、ミシガン州の土壌に比べて“有機炭素濃度が低いこと”，および“土壌表層部分の保持容量に対してダイオキシン濃度が非常に高いために、ダイオキシンを保持できない状態になっていること”にあると解釈できる。

### <土壌法と湖底質法の比較>

ミシガン州3地点およびガム島1地点で採集した湖近くの土壌中および湖底質中のダイオキシン濃度は平均標準偏差15%の範囲で一致し、土壌試料によるダイオキシン降下量測定信頼性が確かめられた。

(参考資料) L.P.Bruzuzy and R.A.Hites, Environmental Sci.Tech. (1995) 2090 ~ 2098

### “前期 § 7. エネルギー事情 (内容抜粋)”

#### <エネルギー消費と GNP >

世界の国々の間で、1次エネルギー消費および GNP はそれぞれおよそ3桁の開きがあるが、両者の関係を両対数図で示すと、大略比例関係が成立する (図は省略)。そして図中の各点はある国が一定の GNP を創出するのにどれだけのエネルギーを消費したか、すなわち対 GNP 原単位で表わした1次エネルギーの消費量を示している。平均直線より下方に分布する国は GNP に対するエネルギー消費量が小さいことを意味する。

表3-1.世界のエネルギー資源埋蔵量

	石油/kl	天然ガス/ km <sup>3</sup>	石炭/ton	ウラン/ton
確認可採埋蔵量	160×10 <sup>9</sup> (1995末)	142×10 <sup>9</sup> (1994末)	1032×10 <sup>9</sup> (1990末)	451×10 <sup>4</sup> (1994末)
年間生産量 又は 需要	3.56×10 <sup>9</sup> (1995)	2.2×10 <sup>9</sup> (1994)	4.5×10 <sup>9</sup> (1990)	6.14×10 <sup>4</sup> (1995)
可採年数	45	67	231	73

わが国の石油換算のエネルギー消費は 4.47 × 10<sup>8</sup> 億 kg そして GNP は 5.15 × 10<sup>4</sup> 億 \$ であるから、1次エネルギー消費の対 GNP 原単位は 0.087 (kg/\$) になる。他国の例では、スイスが 0.070、韓国が 0.269、中国が 0.904、ウクライナが 2.72 (kg/\$) である。

#### <1次エネルギーと転換>

1次エネルギーは、陽光、風力・潮汐力、水力、生物学的エネルギーなどの循環性エネルギーと、化石燃料、核燃料物質、地熱などの非循環性エネルギーにわけられる。そしてエネルギーは利用の観点から、資源のままの1次エネルギー、利用しやすい形の2次エネルギーおよび最終消費のエネルギーに大別できる。

1次エネルギーを2次エネルギーに転換する部門をエネルギー転換部門という。例えば、石油精製は原油を石油製品に転換し、発電は化石エネルギーを電力に転換する。

#### <長期エネルギー需給の見通し>

主要国の発電エネルギー源を調べると、カナダは水力への依存、フランスは原子力への依存およびわが国を含むその他の国々は火力すなわち化石燃料への依存が大きいことがわかる。

表 3-1.に世界の主要エネルギー資源の埋蔵量と年間生産量を示す。資源の埋蔵量は確認埋蔵量と推定埋蔵量で構成され、両者の和を究極可採埋蔵量という。原油の究極可採埋蔵量は約 2 兆 bl (1bl=159l) で、その半分が確認埋蔵量である。また、可採年数は(原油確認埋蔵量)を(最新の年間産出量)で割った値で表される。

#### <エネルギー密度と廃棄物>

100 万 kW・年の発電に伴う燃料消費量と廃棄物の量を比較すると(表は省略)、原発では 30 トンの濃縮ウランを消費し、石油火力発電では 140 万トンの石油を消費する。両者が産み出すエネルギーの大きさは同じであるから、エネルギー密度は濃縮ウランの方が高いことになる。廃棄物は濃縮ウランが 0.9 トン、石油が 25,000 トン、石炭が 30,000 トンであり、世界の電力の原発依存は揺るがし難いものがある。これらの数値だけを見ると火力発電が有利には見えない。

しかし、TMI 事故(米国, 1979)やチェルノブイリ事故(旧ソ連, 1986)などの大きな原発事故、旧日本動燃の事故(高速増殖炉もんじゅ, 核燃料再処理工場)や J.C.O.の事故(1999)など原子炉自体や周辺施設の安全性と管理の問題、核廃棄物処理の問題など世界の動力炉計画は多くの難題も併せて抱えている。諸君はどう考えるか。

(参考資料) 有馬他 [NIRA 報告'95]; 「エネルギー・未来からの警鐘'97」; 総

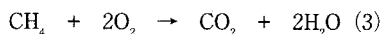
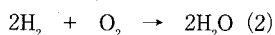
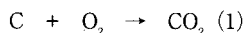
務庁「世界の統計'98」; 「東京電力資料 2000.10」; 「世界 99 / 00&日本国勢図会 00/01」; 古賀実他「環境汚染のトキシコロジー」

“後期 § 8. 燃焼, 排気と反応熱 (内容抜粋)”

#### <化石燃料>

気体, 液体および固体の化石燃料があり, それぞれ液化天然ガス (LNG) や液化石油ガス (LPG), 石油類および石炭やコークスに代表される。油井から汲出される原油の主成分は炭素数が 1 ~ 100 におよぶ炭化水素 (一般式  $C_xH_y$ ) の混合物である。原油を沸点の違いで分留した製品を石油製品といい, ガソリンスタンドでお馴染みの燃料である。このうち常温で気体の成分を冷却加圧で液化したものが LPG である。重油は原油の約 50% を占める残油の留分であって, わが国では最重要の燃料である。

<炭化水素の燃焼における反応物と生成物>

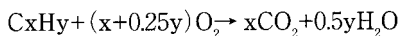


燃料の燃焼は大気中における燃料を構成する物質の酸化反応である。ここで, 1 モルの炭素 C, 2 モルの水素  $H_2$

および1モルのメタン  $\text{CH}_4$  が空気中でそれぞれ理想的に燃える場合の反応式を比較してみよう。反応式(3)の右辺の化合物とそのモル数は反応式(1)と(2)の右辺の合計と一致する。このように反応物(左辺)が化合物である場合、その化合物を構成する元素だけからなる物質に分けて扱っても生成物(右辺)は変わらない。

(例題) 重油の平均分子式は  $\text{C}_{22}\text{H}_{36}$  で表せる。1モルの重油を燃焼する際に必要な空気のモル数と排煙のモル数を求めよ。なお、燃焼反応で燃料以外に消費されるのは空気の中では酸素だけであって、窒素などはそのまま排煙の一部になる。そして、地表付近の大气では、(空気) : ( $\text{O}_2$ ) : ( $\text{N}_2$  など) = 1モル : 0.21モル : 0.79モルの関係にある。

①反応式を完成する。



②必要な空気のモル数を計算する。

③排煙のモル数を計算する。

#### 4 教育効果について

単位認定に関する評価の基本は各期末の筆記試験の結果とし、これに例題演習および出席状況を考慮して総合的に評価した。この評価方法は初回の授業で学生に伝えてある。

例題演習は上述の3項“後期 § 8 (抜粋)”に例示したような課題を教室で学生に与え答案を提出させるだけのものであって、“演習科目”が意味するところのものではない。この程度の課題は、1990年代初めまでは旧一般教育科目の定期試験問題に加えることができたのである。しかし、高校までの教育で理数系離れが進んでいるとしばしば語られるようになった今日、一般学生に対して50分の筆記試験に筆算やグラフ作成の課題を加えるのは良い選択ではないとの判断に到った。例題演習はその補完の意味で数年前から設けている時間であるが、限られた時間内に、答えさえ合えば良いというのではなく、他人にわかるように整理して

表4-1. 単位取得状況—“都市と環境”と関連の他科目

開講年	科目名	S / %	A / %	B / %	C / %	D+X / %	出席率 / %	登録者
2001	都市と環境	9.7	21.0	23.4	20.0	25.9	53.6	290
2001	環境と科学1N	11.7	34.7	30.0	9.8	13.6	75.4	213
1998	環境と科学1	4.3	21.0	17.7	22.7	34.1	—	462
1998	環境と科学2	1.3	26.2	21.4	23.3	27.8	—	317
1998	環境と科学3	3.1	18.7	16.5	21.0	40.6	—	448

報告書を書く練習という意味で筆者なりに評価している。

さて、'01年度「都市と環境」の単位の取得状況に関しては原稿執筆の段階で後期の結果は出ていないので、前期の結果を中心に報告する。比較のために'01年度に武蔵野新座で開講した「環境と科学1N」および'98年度に池袋で開講した3科目のデータを含めて'01年度前期「都市と環境」の単位取得状況を表4-1に示す。'98年度の出席率データは割愛する。

表4-1の5科目は基本的に環境、エネルギー、物質のキーワードで分類される講義内容のパーツの組合せをかえて構成したものである。因みに'98年3科目のサブタイトルは「環境と科学1」が“環境化学概説”，「環境と科学2」が“化学とエネルギー”および「環境と科学3」が“環境とエネルギー”である。

まず2001年度前期開講の2科目では、クラス全体的出席率は「環境と科学1N」の約75%に比べて「都市と環境」の約54%は芳しくない。履修登録者数は両者で大きくかけ離れるほどの違いはない。しかし履修者の構成では、前者が全学部全学年にわたるのに対して後者は観光学部の1～2年次学生を主体としている。「環境と科学1N」クラスでは授業内容の理解度が比較的そろっているため全体のレベルに合わせて授業を進めることができたと思う。このことが出席率を高め、(D+X)の評価の割合を低下させたのである。

う。他方理解度が大きく異なる学生で構成されるクラスでは時々各レベルに顔を向けて運営するという程度にとどまる。旧一般教育課程の頃に整理した経験(手元資料)によれば、個人の成績と出席状況の間の相関性は確かである。

次に'98年度の3科目との比較を試みる。'98年度は半期制を導入して2年目で、まだ通年制から半期制への移行過程であったと思う。2クラスの登録者数が400人を超えるのは通年制時代の名残と読める。とはいえ、これら3科目と2001年度「都市と環境」との間に履修者構成の分布に大きな差はないと考える。'98「環境と科学2」に目を向けると、“S”以外のデータが'01「都市と環境」とほぼ一致することに気付く。'98「環境と科学2」は、副題“化学とエネルギー”が表わすように平易とはいえ化学熱力学や核化学の初歩的内容を含むので、文・社系学生には表4-1の5科目の中で最もなじみ難い内容であろう。それにもかかわらず「都市と環境」と「環境と科学2」で成績分布がほぼ一致するのは偶然であろうか。少々乱暴であるかもしれないが、筆者はむしろ成績分布と登録者数の関係を挙げたい。文・社系の学生にとってのなじみ易さの視点で、'98「環境と科学1」、'98「環境と科学3」および'01「都市と環境」は同程度と判断すれば、登録者数の増加は(D+X)の値を大きくするという解釈がそれほど乱暴には見えないであろう。試みに電卓

を叩いて人数に換算し直すと、5科目間で“A”～“C”の人数がそれぞれ接近していることに気づく。

かつて中・大規模教室の検討の中で1クラス約200人規模が話題になったことを思い出す。約200人は中規模教室サイズが目安なのかもしれない。冒頭で触れたように筆者は'01「都市と環境」のピンチヒッターであるから、ここで結論染みたことを述べるのは慎重、 “R科目”の発展を祈念しつつこの辺りでペンを置く。

せんすい よしひろ

(本学名誉教授

2001年度全カリ非常勤講師)