

# 米国の化学教育システム

## —高校～UCバークレー校化学科での体験から—

中村 優希



カリフォルニア大学バークレー校のキャンパス

私は、中学1年の秋から大学を卒業するまでの9年半を米国のカリフォルニア州で過ごしてきました。その間に現地の学校で経験してきた実体験に基づいて、米国の化学教育の様子を紹介します。

### 基本はコネクションづくり；米国では推薦状が重要

日本の場合、大学・大学院進学や就職のための受験では試験が重視されますが、米国では推薦状が合格の鍵を握っています。成績や試験の結果も大切ですが、特に大学院受験にお

いては、ずば抜けてよい推薦状を取得することは合格へつなげる効果的な要素となっています（表1）。

米国の教育システムは、人脈づくりや経験を積む目的でボランティアやインターンなどの課外活動を重視していますが、それらもよい推薦状を確保することが、インセンティブとなっています（コラム1、2参照）。

では、なぜそこまで推薦状を重視した教育システムがとられているのでしょうか。米国では、小学生のころから子どもたちのディベートやプレゼンテーションの能力を伸ばすことに専念しています。高校に進学し、大学や社会で成長していく中で、何が最も大切なのかということを考慮した際、出てきた結論が社会への適応性であり、コミュニケーション能力が問われるコネクションづくりだということに至ったのだろうと考えられます。

### UCバークレー校化学科の教育風景

カリフォルニア大学バークレー校（UCバークレー）では、化学の授業は一つのクラスにおいて、一般的に週に3時間、教授の行う講義があり、それに対応してディスカッションと学生実験が週に一度（計5.6時間）あります。ディスカッションと学生実験はTA（teaching assistant）が担当し、100人から200人までの大人数での講義とは違い、いくつかのセッションに分かれて少人数（大体20人前後）で行われてい

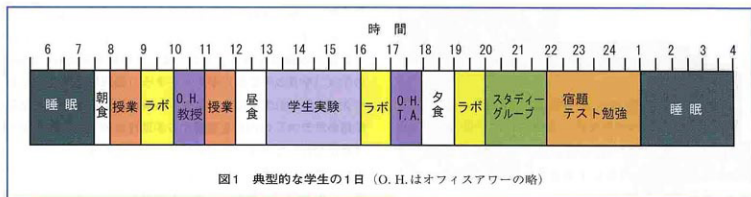
表1 米国での受験における必須事項

米国の大学受験における必須事項
SAT <sup>®</sup> 、GPA <sup>®</sup> など、課外活動、推薦状（ハーバード大学などのプライベートスクールで必須。基本は3通）
米国の大学院受験（理系）における必須事項
GRE <sup>®</sup> 、GPA、推薦状（基本は3通）

※ SAT：Scholastic Assessment Testの略で、高校から大学を受験するときに必要な統一試験。一般知識を試験するGeneral Testと専門知識を調べるSubject Testが存在する。

GPA：Grade Point Averageの略で、欧米で一般的に用いられている成績評価法（A=4、B=3、C=2、D=1、F=0の全科目平均：GPA=4.0が満点）。

GRE：Graduate Record Examinationの略で、大学から大学院を受験するときに必要な統一試験。こちらも、SAT同様一般知識を試験するGeneral Testと専門知識を調べるSubject Testが存在する。



ます。

コースはすべて1学期で終わり、化学の必須科目は、基礎の有機化学、無機化学、物理化学、実験をそれぞれ2コースずつ、そして3,4回生用の化学コースから15単位分(大体4,5コース分)クラスをとります。ほかには、数学を4コース、物理を2コース、英語を2コース、一般教養のクラスや語学が計4,5コース必要とされています。予習復習が大変なので、一週間に4クラスをとるのが限度ですが、ダブルメジャーを希望している場合は、7,8コース履修して勉強漬けの人もいます。

授業種は朝の8時から夜の9時ごろまであり、先生や院生スタッフの都合で夜遅い時間になったりもしています。講義はおもに1時間や1時間半で、大半の化学のクラスが週に3時間あります。個人差はありますが、3年生だと毎日2,3時間講義があり、実験が5,6時間、週に2回ほど入っています。予習、復習や宿題に費やす時間は週に30時間前後であり、学生は勉強中心の学生生活を送っています(図1)。

化学専攻の女性の比率は全体の半分です。学校全体での比率は女性のほうが少し多いようで、女性も男性に負けたくない頑張っています。けれども、大学院では女性の比率が少し減り、全体の4割程になっています。

### 質問とオフィスアワーでコネクションづくり

大学院進学の出願時には、3人の教授の推薦状を得ることが必須です(表1)。研究室に入っている場合は、1通は日本の卒業研究に相当する研究担当の教授から得ることができず、あとの2通は授業担当の教授からもらう必要があります。

授業のほかに、担当教授とTAに宿題や試験などの質問が自由にできるオフィスアワーというものが設けられています。教授とのよいコネクションをつくらることができる場が、このオフィスアワーです。大学院への進学を考えている生徒は、よい推薦状を書いてもらうために、積極的にいろいろな教授のオフィスアワーへ行き、顔と名前を覚えてもらいます

が、進学しない学生は教授よりも身近なTAに質問することが多いようです。仲のよい学生は、オフィスアワー前や課題提出前などに図書館やカフェに集まり、勉強会を開いたりして、どのような質問をしたら教授にいい印象を与えられるかなどを相談したりします。

### 学部で行われる大学院レベルの授業

——徹夜はざら、平均時間4,5時間の猛勉強も——

3,4年生になってくると、限りなく大学院レベルに近い講義も履修できるようになります。難易度の高い有機化学の授業(たとえば、Anslyn/Doughertyの「物理有機化学」)が提供され、それまでの基礎有機化学(たとえばVollhardt/Shoreの「有機化学」)での成績が優秀な生徒はこれを履修できるシステムになっています。化学専攻の学部生150人前後の中で、そういった高度な有機化学の授業をとっている生徒はおよそ20人です。そういったクラスは、やる気のある学生しか集まらないので、最後まで履修していた生徒は好成績を取っています。高度な授業でよい成績を修めると大学院進学に有利ですし、進学後に大学院の単位として認定してもらえる可能性もあります。

高いGPAは進学や就職には重要です。トップ大学院のトップ学科に入学する学生にはGPA=4.0(全科目Aの成績)に限りなく近い人(または3.5以上の人)が多いのではないのでしょうか。授業においていかにできないことが、高いGPAを維持するための秘訣なので、学生は基礎有機化学の厚い教科書を最低2度は読みます。中には、4~5回繰返して読込む生徒もあり、どのページに何が載っていたか

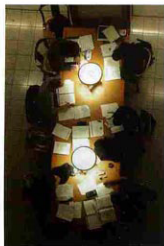


写真1 夜も図書館で猛勉強する学生たち

をも把握できるまで勉強しています。そのような学生にとつては、学期中の平均睡眠時間は4～5時間で、中間試験や期末試験の前は、徹夜が続くこともざらにあります。

### 学生の勉強を大学が手厚くサポート

——図書館は24時間開放、深夜もバスで送迎——

学内には、何十個もの図書館があり、特に期末期間には、学生が心置きなく勉強に励めるよう、学校の図書館は24時間制になります(写真1は、夜の図書館で必死に最後の詰め込みをしている学生たちです)。寮や家などで集中できない生徒が多いため、図書館に寝泊りしている学生も何百人といえます。

また、夜遅く寮やアパートに帰る学生のためにも、学校は“night bus”というシステムを導入し、学生証を見せるだけでdoor to doorで家まで送り届けてくれるシャトルを1時間に3本学内の図書館を巡回させています。また、シャトルがつかまらないときは、学生が来てほしいと指定した場所にアルバイトの学生を派遣し、一緒に自宅のドアに入るまで歩い

てくれる“bear walk”とよばれるシステムもあります。

そのほかにも、学内にはSLC (Student Learning Center) とよばれる施設もあり、ここでは、成績優秀なupper gradeの学生(学部3,4年生)がチューター(個別指導教官)として学生に雇われていて、おもに、lower division(学部1,2年生用のクラス)の内容を理解する手助けを個人単位やグループ単位で行っています。SLCは、学内の中心部の一つのビルを使っていて、多くの学生が入り出ることができるになっています。この施設は、学生なら誰でも無料のため、入学してから卒業するまでの間で、少なくとも一度はSLCにお世話になった経験があるという生徒は全体の8割にもなるそうです。また、SLCのほかにも寮からSLCに向かう時間が惜しいという生徒のために、化学、物理、数学やライティングのチューターが寮に設置してあるスタディールームという部屋に夜の8時から10時までの間、無料で教えに来てくれるASC (Academic Supporting Center) というサービスなどもあります。

このようなシステムを導入することで、学校側は学生が心置きなく勉強できるようにサポートしています。そのため、

## コラム1 米国の高校教育と大学進学

■高校で大学1年の一般化学を学ぶ■ 米国の高校は日本と違って4年間あります。初めの2年間で一般科学(化学、物理学、生物学、天文学など)を学びます。あとの2年間は高校レベル(regular and honors)から大学レベルの(advance placement, AP: 化学でいえば大学1年の「一般化学」の内容を教える)クラスまで達成度合い別に分かれています。

有力大学へ進学するためには、APクラスでよい成績を取ることが重要であり、また、APを履修していたか否かは、GPAでも一目瞭然になるよう、APのクラスでの成績は、GPAが1ポイント分がボーナスとして加算されています(A=5, B=4, C=3, D=2, F=1)。大学進学後、大学での卒業単位にAPの単位が認められる大学・学科もありますが、有力校の有力学科では高校でのAPクラス受講は必須とされているため、化学科入学後は再度「一般化学」の受講が必要です。大学ではなく、コミュニティーカレッジ(日本での短大のようなもの)に進学する人の場合には、regularレベルの単位を修得すれば十分です。また、高校や大学の卒業単位を取得するために、高校のAPカリキュラムには相込まれていない授業を、近くのコミュニティーカレッジや大学へ土曜日や放課後を使ってとりにゆく学生も少なくありません。実際に、私自身も学校が終わってから、コミュニティーカレッジへ生物や経済の授業を受けに通った経験があります。

■大学進学情報はボランティア活動で入手■ 高校では、授業以外にボランティア活動(地域の病院、図書館な

ど)を通じて大学への進学情報を得ている生徒もいます。ボランティアをするメリットは、進学情報を得ることだけではありません。学校の成績表にも、GPAと共に何時間ボランティアをしたかという時間数まで表示されます。けれども、成績表にボランティア活動の項目をつくるためには、最低でも25時間はボランティア活動をしている必要があります。また、学校には進路相談を専門としたカウンセラーが数名いるため、指定されているカウンセラーのほかにも、個人が希望する日時にアポイントをとり、知りたい情報が得られるシステムになっています。

■浪人ゼロ! コミュニティーカレッジの役割■ カリフォルニア州では、州の住民の子女の授業料は、数千ドル程度の大変低い授業料に抑えられています。州外からの学生はその何倍かありますが、それでも数万ドルの学費をとするスタンフォード大学などのプライベートスクールよりはずっと安い授業料です。

また、経済的な事情で四年制の大学へ進学できない生徒や希望の大学へ入学できなかった生徒は、地域のコミュニティーカレッジへ進学して勉強に励むので、基本的に高校を卒業して浪人をしている学生はいません。そこで優秀な成績を取って卒業したのち、有名校などへ3年生として編入(トランスファー)することが可能です。実際に、この制度を利用している学生は数多く、日本で高校を卒業してから米国へ留学している日本人学生は、ほぼ全員コミュニティーカレッジを好成績で卒業してトランスファー学生として、四年制の大学へ3年生から進学しています。

成績の悪い学生は、途中で成績の要求度の低い学部へ移動することを強いられることも少なくありません（たとえば、化学科のある School of Science から School of Arts へ転学科する：そのような人は、おそらく化学と無関係の仕事に就く）。このようなシステムを築くことで、学生は勉学に集中し、学校側は優秀な学生を育てることに成功しているのではないだろうか。

### 人気ある先生の目の下には限！？

—熱意のない先生は謹慎を食らうシステム—

学生は勉学に励むものとされていますが、パークレーでは、先生も授業に身を入れなければならないシステムになっています。教授や助教授は、「tenure」という学校からの保障された地位を得るために、日々、授業や研究で優秀な成果を出せるように努力しています。tenureを取得する上でのメリットの一つとして、学校側から解雇されないことが約束され、自由に研究できる権利を得ることができます。けれども、tenureを得ることは決して容易なことではなく、研究者、そして教育者として優れている人しか得ることはできません。なぜなら、学校側も tenure として認めた教員が、その先、怠慢になってしまうかもしれないといったリスクを背負うからです。では、学校側はどのようにして教員を評価するのでしょうか。

研究成果は、各教員もっている grant（研究補助金）や論文の数で評価することができますが、教育者としての評価は、事務的にみているだけでは評価しがたいものです。パークレーでは、すべての授業において、学生がスタッフの成績や評価をつけるため、「演習問題を自分でつくらず、教科書からそのまま引用している先生」などは、学生に「やる気がない」とみなされます。過去にも、そういった手抜きを多くの学生に指摘された先生が、実際に学校側から謹慎を食らった例もあります。ある一定の生徒数以上を落第させるような難問を出していた先生も過去にいたようですが、規定数以上の学生を落第させてしまったために、大勢の生徒から酷評を受け、その先生も学校から謹慎処分を受けたそうです。

逆に、学生の評判が最もいい先生は、Distinguished Teaching Award という賞を受賞できます（写真2）。この賞をもらっている先生の授業は、例年人気があり、講義を履修する生徒が殺到するため、授業で学生の人数が確保できずにクビになってしまうことを回避することができます。けれども、こういった学生から人気のある先生は、オフィスアワーで間近に質問をしにいくと、決まって目の下の隈が目立っているように感じます。

このようにして、教員は学生のレベルを把握し「適切」な

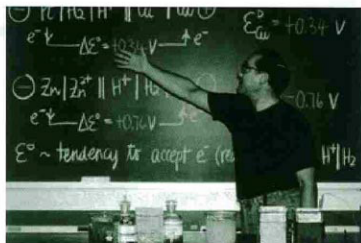


写真2 化学科で Distinguished Teaching Award を受賞した Alex Pines 教授の一般化学の授業

授業をすることが必要とされています。こういった制度から、生徒だけではなく先生の教育への熱意も芽生えているのではないかと思います。

### よい推薦状に必須の「卒業研究」

日本の卒業研究に当たるものを行うかどうかは学生に任されています。しかし、大学院進学や就職のために、よい推薦状を書いて欲しいと思う学生にとっては必須です。化学専攻で大学院へ進学する学生は、ほかの生徒よりもよい推薦状を書いてもらうために、必ず研究室へ入ります。授業・学生実験で一定の成績を取った学生は個人的に教授に連絡を取って、早い人は2年生から研究室へ入って研究しています。私の場合、2年生を終えた夏から卒業するまでの1年半を有機金属の F. D. Toste 研究室で研究していました（写真3）。研究室に入っている学生は、それぞれの研究室で卒業前

### コラム2 夏休みはコネクションづくりに使う

米国では、冬休みや春休みはとても短く、秋から新年年といった理由もあり、夏休みが大きな休みになっています。パークレーでは、5月の半ばから8月末まで、約3カ月の間が夏休みです。この長期間の休みを旅行へ行ったりして遊んで過ごしてしまう学生もいないわけではありませんが、たいていの学生は、サマースクールで授業をとったり、企業などでインターンをしたり、研究室で実験をしたりして有意義な時間を過ごします。なかでも大学研究室や企業でのインターンは学生に人気があります。お給料を貰いつつ社会勉強ができ、コネクションもつくれることから、研究室の先生以外からも推薦状がもらえる最高のチャンスとなっています。

### コラム3 サークル活動をやるなら留年覚悟で

化学専攻の学部生は勉強に追われてなかなかクラブ活動ができていないようです。もちろん、フットボールの試合に欠かせないバンドやラリー応援部などの活動を熱心に行っている学生もいますが、そのぶん、勉強に割く時間や睡眠時間が減り、卒業の延期を覚悟の上で授業を少なめにとって活動しているようです（写真は、毎年、一番盛り上がるライバル校であるスタンフォードとのビッグゲームでのバンドとラリーコミュニティの試合2日前のプリゲームラリーの様子）。私のルームメイトや後輩も活動の盛んなサークルに入っていました。1年目が終わらないうちに引退して、それまでの勉強の遅れを取戻すために、学費をプラスαに払ってサマースクールで短期集中講義を必死に受けていたのを覚えています。



にこれまでの研究結果などをまとめたレポートを提出し、パワーポイントによる発表をすることが基本となっています。学部の研究が論文になることは将来的に有利であると考えられています。

なお、学期中の研究は授業の単位としても認められ、学生は、授業開始前、授業の合間や放課後など、それぞれのスケジュールに合わせて、各自の好きな時間に研究させてもらっています。

#### 大学院進学は他大学へ

大学院へ進学するバークレー化学専攻の学生は、全体の6割程度で、残りの学生は先に就職してから後で大学院へ進学する人もいれば、薬学のファーマシースクール（薬科大学院）に進学したりする学生もいます（おもに女子学生）。米

国では、コネクションづくりが重視されているため、学部生で通っていた大学に残る生徒はほとんどいません。一般的に、同じ大学、同じ戦場に留まると人脈が広がらないために不利であるとされています。先生方も、当然のように他大学への進学を勧めます。就職については、キャリアフォーラムなどが年に何度か、学内で開催されます。また、キャリアセンターという施設もありますが、学生はほとんど個人でリサーチして就職活動をします。就職する学部生でも推薦状や経験が重視されるので、研究室で研究をする生徒も少なくはありません。

#### 大学も学生も変わってゆこう

米国での教育を体感して、現在、私は新しいコネクションをつくるために帰国し、日本の大学院で化学を学んでいるわ



写真3 筆者が所属していた2005年Toste研究室のメンバーとの集合写真（前列左から3番目が筆者）

けですが、改めて振り返ってみると、米国と日本の教育制度の違いを思い知らされます。一般的に、日本の教育は“一流大学への合格を目標とした試験対策がおもな教育方針”で、大学へ入学してからは、社会経験も大切だということで、“サークルや部活動で楽しみ、遊ぶことも学ぶ”。逆に米国では、“大学に入るまでは比較的簡単で、大学卒業が困難”とされているため、大学に入ってから本腰をいれて勉学に励むシステムで、日本と米国の学生に差が生まれるのは、“大学の4年間を遊んで過ごすか勉強するかの選択にかかってくる”と認識されています。

けれども、これまで述べたように、米国でも大学までの教育が決して甘いわけではなく、一流大学へ入学するためには、中学や高校から先々勉強していく必要があります。日本の教育に比べて、米国の教育に比較的ゆとりがあるように感じるのは、大学入試が試験だけの一発勝負ではなく、成績やコミュニケーション能力を重視した推薦状や課外活動、そして複数回受験することができる統一試験といったさまざまなバックグラウンドから、生徒の総合的な人間性を評価するからではないでしょうか。そして、米国では、学生からご年輩の方まで誰もが安い学費で学べるコミュニティーカレッジが設置され編入制度が充実しています。このことによって、学

費をセーブしつつも一流大学への入学のチャンスが増え、学生は自信を喪失することなく勉学への意識を高めることができていないのではないかと考えています。

では、日本の学生は勉学に対して意欲的ではないのかと聞かれると、決してそんなことはなく、大学へ入学してからも熱心に授業を履修している生徒もまったくいないわけではありません。けれども、講義をとるにつれて、やる気のないクラスメイトや授業の内容に、正直がっかりしてしまったという話を何人かの学生から聞きました。

日本の大学からの教育は、勉強は学生が自主的に学ぶことを推奨しており、米国のように、学生に嫌というほど勉強させるといったような体制はとっていません。米国のように、学校側が学生に「勉強しなきゃ学校から追い出される」といった危機感をもたせ、学ぶことを押し付けるような体制も極端だとは思いますが、「独学ではなく、いい授業を受けて真剣に勉学に励みたい」と思っている生徒にとって日本の大学は、少々支援体制が弱いのではないのでしょうか。これからの日本の教育で、大学と学生のどちらもが勉学に対し、ぜひ日米双方のよい点をどんどん取り入れて、日本だけではなく世界のリーダーを育てている教育システムが築かれてゆくことを切に願っています。