

インターネット上の気象・大気汚染データを利用した 光化学スモッグについての実習形式の教養教育

山 縣 毅

はじめに

人間活動による地球環境の悪化を防ぐためには、税金・補助金などの経済的手段や法による企業などへの規制だけでなく、一般市民の生活様式や利便性を制約しなければならないことがある。このために、政策に並んで市民への環境問題に関する啓発・教育（天野，1997）が必要である。教育機関における環境教育は、そのための重要な役割を果たしている。

環境教育では、理科教育と同様に、学生自身が実験や観察を行い、その結果に基づき考察することにより、環境問題についての理解が深まっていく。日本での環境教育は、従来、小学校から高等学校までは、社会科、理科を中心に行われてきたが（辻村，1992）、2002年度から実施されている新学習指導要領においては、環境に関わる教育内容の充実とともに、体験型・問題解決型学習を中心に据えた教育改革が図られている（文部科学省 2002）。一方、日本の高等教育機関である多くの大学では、全学生が受講することができる科目としては、全学共通科目（教養科目）において環境に関する講義が開設されている。ただし、こうした大学の講義では、通常、受講者数が100～数100人程度と多いために、体験型学習をする事は難しく、学生は知識のみを受動的に学習しがちになる。一部の大学では、全学共通科目の少人数教育（通常、受講者は数10名以内）で、体験型・問題解決型の優れた授業が行われているが、受講できる学生の数に制約がある。

そこで、筆者は、多人数の学生が受講する講義での体験型・問題解決型学習を目標として、インターネットを利用した首都圏の光化学スモッグについての実習形式の授業を、2002年度～2004年度の駒澤大学学部生を対象とした夏期集中講義の一部として試みた。本論では、この授業の概要、実施方法について解説する。

光化学スモッグの概説

光化学スモッグとは、主に自動車や工場から排出された大気中の一次汚染物質(窒素酸化物や不飽和炭化水素など)が、太陽の光エネルギーを受けて、毒性が強く酸化力が高い物質であるオゾンや硝酸ペルオキシアシルなどの光化学オキシダントと呼ばれる二次汚染物質に化学変化し、その濃度が上昇することにより発生する。このため、光化学スモッグは、大気中で化学反応が促進され易い夏場の、太陽の日差しが強く、気温が高い日、特に一次汚染物質が大気中で停滞する比較的風速が弱い時に発生しやすい。東京23区のような都市中心部では、狭い地域に集中して自動車が走行しているため多量の一次汚染物質が排出されており、夏にたびたび光化学スモッグが発生する。光化学スモッグによる人間への影響としては、呼吸器系の障害や、眼や鼻の粘膜を刺激されるなどの健康被害が挙げられる。オゾンの場合、0.2ppmの低濃度でも人体に影響を及ぼす(御代川, 1997)。

主要な光化学オキシダントであるオゾンの生成は、主に、二酸化窒素が太陽光を受けて化学分解することにより進んでいく(畠山史郎, 2003)。二酸化窒素自体は、一次汚染物質である一酸化窒素が大気中で酸化されることにより発生したり、一部は一次汚染物質として直接自動車などから排出されたりする。二酸化窒素は、広い範囲の波長の太陽光を吸収でき、この吸収帯が太陽光のスペクトルのピークと近いことから、効率よく太陽光エネルギーを吸収できる。多量の太陽光エネルギーを獲得した二酸化窒素は、一酸化窒素と酸素原子に分かる。この酸素原子と大気中の酸素分子が結合してオゾンが生成される。しかし、オゾンは酸化力が強いために一酸化窒素と結びつき、再び二酸化窒素と酸素が生成される。このため、これら一連の化学反応だけでは、大気中でのオゾン濃度はある一定濃度で平衡状態となり、急激に増加することはない。ただし、自動車などからは燃料が燃焼しきれなかったために発生した不飽和炭化水素も排出されており、この不飽和炭化水素の働きにより、オゾンを分解する一酸化窒素が効率よく二酸化窒素に化学変化する。よって、一次汚染物質として窒素酸化物が不飽和炭化水素ともに排出されると、大量のオゾンが生成され光化学スモッグが発生しやすくなる(畠山史郎, 2003)。以上のオゾン生成のメカニズムから、光化学スモッグが発生した地域の、大気中での汚染物質濃度

の一日の変化は、図1の様になる (Spiro, T.G. and Stigliani, 1985).

首都圏の光化学スモッグ

首都圏では、光化学スモッグの一次汚染物質の主要な排出地は、東京23区、川崎、横浜などの東京湾臨海地域であり、この地域では夏場たびたび高濃度の光化学スモッグが発生する。また、首都圏では、夏期は、午前中から正午にかけて、陸域で海域より気温が上昇し、従って気圧が低くなるために、午後には首都圏の南の東京湾や相模湾から海風が吹く。このため、東京湾臨海地域の汚染物質がこの海風に運ばれ、一次汚染物質の排出源のあまり無い地域、多摩地域や埼玉、群馬などの首都圏の北部地域で光化学スモッグが発生することがある (近藤, 1984)。

首都圏で光化学オキシダントが生成されその濃度が上昇する気象条件としては、気象が安定していること、日最高気温が25℃以上、日照時間が9～15時間の間に2.5時間以上、一次汚染物質が海上に拡散しないように東京湾あるいは相模湾から海風の進入があることなどが挙げられる (東京都環境局 website : <http://www.metro.tokyo.jp/ox/bunpu/meca.htm>)。

首都圏において夏に光化学スモッグが発生した場合、光化学オキシダントに1つであるオゾンの一日の生成経過は、一般的には以下ようになる。

(1) 午前8～10時頃に東京湾臨海地域において、多くの自動車の使用が始まると、大気中で一次汚染物質の一酸化窒素や不飽和炭化水素の濃度、さらに一酸化窒素の酸化により生成された二氧化窒素の濃度が上昇する。この時、風速は小さく、汚染物質は排出地域に停滞する。また、汚染物質と伴に排出されたエアロゾルのため、空が霞んでくる。

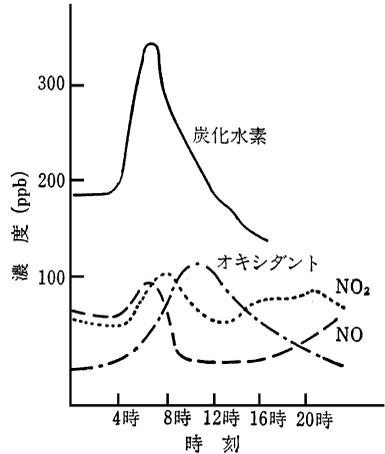


図1 ロサンジェルスにおける光化学スモッグ原因物質の濃度の時間変動 (Spiro and Stigliani, 1985: 正田・小林訳)。

(2) 午前 10 時頃から正午に向かい、気温が上昇し、日射しが強くなるのに従い、汚染物質排出地域の大気中において、二酸化窒素の化学分解が進みオゾンが生成されその濃度が上昇する。

(3) 正午を過ぎると、東京湾や相模湾から海風が吹き始め、汚染物質を含む大気が、東京都西部多摩地域や埼玉県に移動していく。そのため、東京湾臨海地域の大气中の汚染物質濃度は低下する。また、エアロゾルも海風により吹き払われるために、霞んでいた空が晴れて視界が良くなる。

光化学スモッグについての実習形式授業

本授業では、光化学スモッグの学習のため、実習形式の授業形態を採ることにした。学生各自に、リアルタイムの気象・大気汚染データを集めてもらい、それらに基づいて、授業当日の首都圏での光化学スモッグの発生過程を考察させ、能動的に学習してもらうことを狙った。以下、2002～2004年に筆者が行った授業について、使用したデータ、授業の進め方を述べていく。

1. 使用したデータ

首都圏の光化学スモッグの発生過程の理解には、前章の発生メカニズムから、時間毎の以下のデータが必要である。尚、授業開始時間の関係上、大気中での一酸化窒素から二酸化窒素への化学変化が捉えにくいので、窒素酸化物については二酸化窒素のデータのみ取ることにした。

- ・ 天気、気温、日照時間、風向・風速などの気象データ
- ・ 二酸化窒素と不飽和炭化水素の大気中濃度
- ・ 二次汚染物質であるオゾンを含む光化学オキシダントの大気中濃度

これらのデータの収集は、目視による観察とインターネットを使った首都圏の大気汚染状況の検索により行う。得られたデータは、こちらが予め用意した用紙（図 2、3）に記入させることにした。

大気汚染物質広域監視システム（そらまめ君）－東京都のデータ－

<http://w-soramame.nies.go.jp/soramame>

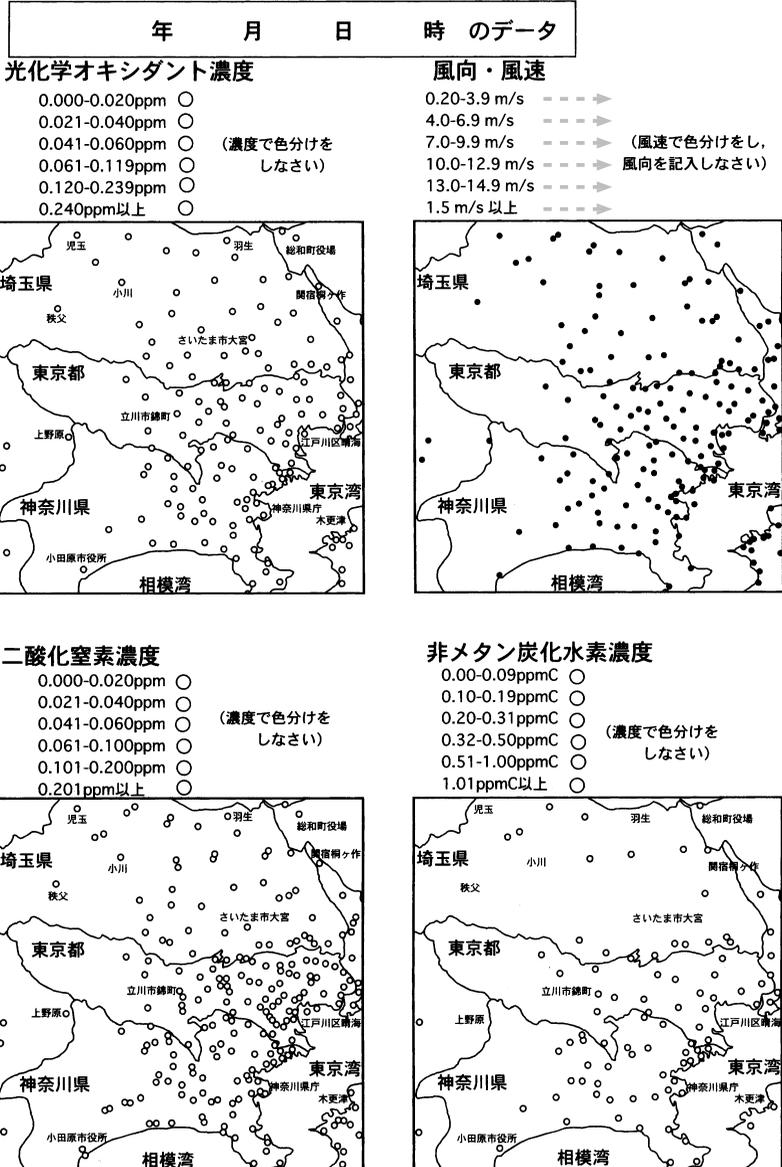


図2 環境省大気汚染物質広域監視システムのデータの記載用紙。

東京都の光化学スモッグ注意報等の発令状況

<http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/ox/bunpu/smog.htm>

発令地域凡例
(色分けする)

学校情報 予報 注意報 警報

時



時



時



年 月 日

東京 2 3 区 東部上空の観察

次の事項について、今回 Website で入手したデータを基に考察しなさい。

1. 光化学スモッグの一次的汚染物質（窒素酸化物や不飽和炭化水素など）の排出地域や、地域ごとの排出量の変化について。
2. 光化学スモッグの発生過程について。
3. 光化学スモッグ汚染地域の拡大について。

図 3 東京都の光化学スモッグ注意報等の発令状況，気象庁 website データ，目視による観察のデータのための記載用紙。下部は，考察の設定。

インターネット上の気象・大気汚染データを利用した光化学スモッグについての実習形式の教養教育

(1) 目視によるデータ

目視による気象観察については、駒澤大学駒沢キャンパス第1研究館6階ロビーで、学生各自に行わせることにした。駒沢キャンパスは東京23区の西部に位置し、研究館6階からは、東方に向かって、光化学スモッグの原因となる一次汚染物質が大量に排出される23区中心部（渋谷区方面）を見渡すことができる（図4）。学生各自に、時間毎の天気、暑さ、日差しの強さ、風の強さ、大気の停滞状況を観察してもらった。大気の停滞状況については、大気の移動が小さい場合人間活動によるエアロゾルも大気中で増えるため、遠方の高層ビルが霞んで見る。一方、大気が風により他の地域に移動し始めると高層ビルがはっきりと見える。それで、学生には、高層ビルの見え方を観察させた（図5）。

(2) インターネット検索データ（各 website とも1時間毎にデータを更新）

インターネットを利用した大気汚染状況の検索は、駒沢キャンパスPC教室で行った（図6）。このPC教室は、学生用のPC（OS：Windows XP）が235台設置されており、全てのPCが同時にインターネットに接続できるほか、教壇に大型パネルがあり教師が操作するPCの画面を投影できるようになっている。学生各自に収集してもらう具体的なデータは以下の通りである。また、光化学スモッグによる住民への健康被害のデータとして、1時間毎に発表になる東京都の光化学スモッグ注意報も併せて調べさせることにした。



図4 駒澤大学駒沢キャンパスの位置および目視による気象観察の方向。



午前 10 時頃



午後 12 時頃

図 5 第 1 研究館 6 階ロビーからの東への眺望。大気が停滞するとエアロゾルのため写真中央の高層ビルが霞んで見えるが（左写真 2003 年 8 月 4 日 10 時頃），海風により大気が移動するとはっきりと見えるようになる（右写真 2003 年 8 月 4 日 12 時頃）。



図 6 駒澤大学駒沢キャンパス PC 教場での授業風景。

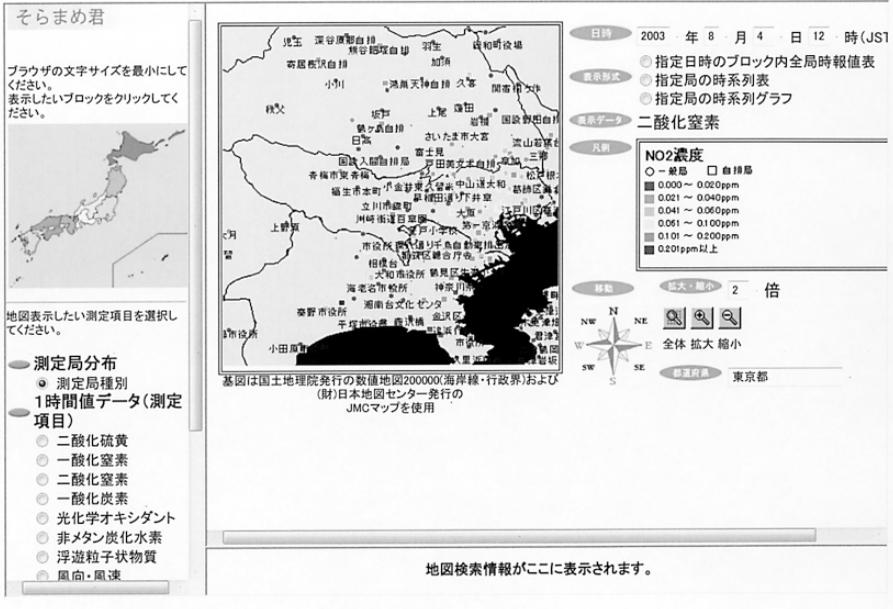


図7 環境庁大気汚染物質広域監視システム「そらまめ君」の website. 実際の画面では、地図上の各観測地点（●と■）の大気中の二酸化窒素濃度は、濃度別に色分けされている。左側にある測定項目ボタンをクリックすることにより、他の大気汚染データを見ることができる。（<http://w-soramame.nise.go.jp/soramame>）

1) 気象庁 website (図8)

(http://www.jma.go.jp/jp/amedas_h/)

東京都千代田区大手町気象庁の気温，風向・風速，日照時間

2) 環境省大気汚染物質広域監視システム website

(<http://w-soramame.nies.go.jp/soramame>)

首都圏の各観測地点の風向・風速，大気中での二酸化窒素濃度（図7），非メタン炭化水素濃度，光化学オキシダント濃度

3) 東京都環境局 website

(<http://www.hankyo.metro.tokyo.jp/ox/bunpu/smog.htm>)

東京都の光化学スモッグ注意報等の発令状況（図9）

山 縣 毅

東京（東京都） 気象台・測候所 1日の毎時の値

2003年08月04日01時～2003年08月04日24時の気象

時刻	現地気圧 hPa	海面気圧 hPa	気温 ℃	相対湿度 %	風向	風速 m/s	降水量 mm	24h前	12h前	12h後	24h後
								日照時間 時間	降雪の深さ cm	積雪の深さ cm	
1時	1005.1	1009.2	27.5	73	南西	2.9	—				—
2時	1005.2	1009.3	27.3	74	南西	2.5	—				—
3時	1005.4	1009.5	26.7	77	南西	1.9	—				—
4時	1005.5	1009.6	26.5	79	南西	1.7	—				—
5時	1005.9	1010.0	26.6	78	南西	1.9	—	—			—
6時	1006.3	1010.4	26.9	78	西	2.3	—	0.3			—
7時	1006.4	1010.5	27.6	75	西北西	2.2	—	1.0			—
8時	1006.2	1010.2	29.0	70	西北西	1.0	—	1.0			—
9時	1006.1	1010.1	30.2	62	北北西	1.0	—	1.0	—		—
10時	1005.8	1009.8	31.6	59	北北西	1.3	—	0.8			—
11時	1005.3	1009.3	32.5	56	南	2.1	—	0.8			—
12時	1005.1	1009.1	32.7	57	南	4.1	—	1.0			—
13時	1004.8	1008.8	32.7	56	南南西	2.4	—	1.0			—
14時	1004.5	1008.5	32.2	57	南南西	2.3	—	1.0			—
15時	1004.5	1008.5	31.9	60	南	3.7	—	1.0	—		—
16時	1004.0	1008.0	31.5	63	南南西	2.8	—	1.0			—
17時	1004.0	1008.0	31.1	66	南	4.3	—	1.0			—
18時	1004.1	1008.1	30.5	66	南南西	1.2	—	0.9			—
19時	1004.2	1008.2	29.6	68	南	1.9	—	—			—
20時	1004.9	1008.9	30.0	65	南南西	1.6	—	—			—
21時	1005.2	1009.2	29.5	67	南南西	2.1	—	—			—
22時	1005.1	1009.1	29.0	68	南	1.2	—	—			—
23時	1005.2	1009.2	29.0	69	南南西	2.9	—	—			—
24時	1005.1	1009.1	28.5	70	南西	2.9	—	—			—

平均 現地気圧	平均 海面気圧	平均気温	最高気温	最低気温	平均 相対湿度	平均風速	降水量	日照時間	降雪の 深さ 合計	最深積雪	天気概況(昼)	天気概況(夜)
hPa	hPa	℃	℃	℃	%	m/s	mm	時間	cm	cm		
1005.2	1009.2	29.6	33.4	26.4	67	2.3	—	11.8	—	—	晴☀️	晴☆

図8 東京都千代田区大手町気象庁の気温、風向・風速、日照時間のデータ。
現在は新しい表形式でデータを公開している。
(気象庁 website, http://www.jma.go.jp/jp/amedas_h/)

2. 授業の進め方

2002～2004年の授業日は、光化学スモッグが発生しやすい8月上旬を選んだ。授業を行う正確な日にちは、気象庁の長期天気予報を参考に、天候が安定し、よく晴れて日照時間が長く、気温の上昇が期待できる日に決定した。また、光化学スモッグをリアルタイムで観察するために、授業時間を、9時から17時に設定した。授業は、上述の第1研究館6階ロビーとPC教場で行ったが、場所が離れているため、学生の移動のために10分間の時間を取った。

学生には、10時、12時、14時現在の上記のデータを収集させ、これらのデータを基に、学生各自に、この日の首都圏での光化学スモッグの発生過程について

東京都の光化学スモッグ注意報等の発令状況（平成14年8月6日）

現在の都内8地域（区東部・区北部・区西部・区南部・多摩北部・多摩中部・多摩西部・多摩南部）における光化学スモッグ注意報等の発令状況をお知らせします。

iモードでもご覧になれます。<http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/ox/>

域	「予報」発令地	「注意報」発令地域	*左記の注意報等の発令基準等については、 ここ をクリックしてください。
	「学校情報」発令地	■「警報」発令地域	

各地域の発令・解除時刻及びオキシダント濃度データをご覧頂く場合は、
 下図の発令地域名称（区東部・区北部・区西部・区南部・多摩北部・多摩中部・多摩西部・多摩南部）をクリックしてください。



【光化学スモッグ発生時の注意事項等】

1 ■の地域

- ・屋外での活動をなるべく控えてください。
- ・自動車等の使用を極力控えてください。
- ・光化学スモッグの被害を受けた場合は、最寄の保健所に連絡してください。

本日までの発令状況

（光化学スモッグによる健康への影響）

目や喉に刺激があり、「目がチカチカする」、「喉が痛い」などの症状がでる場合があります。

光化学スモッグ発生メカニズム

2 の地域

- ・光化学スモッグ注意報が発令される可能性があるため、不要不急の自動車等の使用をなるべく控えてください。

【問い合わせ先】
 東京都環境局 環境評価部 広域監視課
 電話 03-5388-3483

[環境局のホームページに戻る](#)

図9 東京都環境局 website 上の「東京都の光化学スモッグ注意報等の発令状況」(<http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/ox/bunpu/smog.htm>)。実際の website では、カラーで各地域の発令状況が示されている。

考察させるようにした。授業スケジュールは、下記の通りである。筆者が行った2003, 2004年の授業は、ほぼこのスケジュール通り進められた。また、授業を行う上での注意点や2003年授業での各時間帯の大気状況も、併せて記す。

(1) 9:00～9:50 光化学スモッグの解説 (PC 教場)

学生に、光化学スモッグの発生メカニズム、大気中での汚染物質の1日の一般的な濃度変化について説明する。ただし、後で学生に考察させる首都圏の光化学スモッグについては述べないようにした。

(2) 10:00～10:30 目視による気象観察1回目 (研究館6階ロビー)

天気、暑さ、日差しの強さ、風の強さ、大気の停滞状況を、筆者が解説しながら学生各自に観察してもらった。「暑さ」「日差しの強さ」については体感的なものを記載してもらった。風の強さについては、木々の揺れ方に着目してもらった。また、大気の停滞状況については、観察場所であるロビーから東京都心の高層ビルが遠望できるので、上述した様に、これらの高層ビルが「霞んで見えるのか」それとも「はっきり見えるのか」で、大気が停滞しているかどうかを判断してもらった。

2003年の授業では、この時間帯は、風が弱く大気が停滞しているために、空が霞んでいた (図5左写真)。

(3) 10:40～11:50 インターネットによる大気状況データの検索1回目 (PC 教場)

上記の各 website で、午前10時の千代田区大手町気象庁の気温・風向・風速・日照時間、首都圏の各観測地点の風向・風速および二酸化窒素濃度・非メタン炭化水素濃度・光化学オキシダント濃度、東京都の光化学スモッグ注意報等の発令状況を調べさせる。データは、図6,7の用紙に記載させる。汚染物質の濃度は、website 上では濃度毎に異なる色で示されているので、学生には色鉛筆で転記させるのが簡便である。また、website 上に午前10時のデータが反映されるのは、10時を暫く過ぎてからなので、学生には違う時間のデータを間違えて記載しないように注意する必要がある。インターネット検索1回目は、各 website のアドレスを示した後、筆者が学生と一緒に website を開いていき、それぞれの website のデータの読み方、データの記載の仕方を説明した。

この時間帯は、東京臨海地域の大気中の不飽和炭化水素濃度と二酸化窒素濃度が高くなっていた。

インターネット上の気象・大気汚染データを利用した光化学スモッグについての実習形式の教養教育

(4) 12:00 ~ 12:20 目視による気象観察 2 回目 (研究館 6 階ロビー)

2 回目以降の観察では、筆者による解説なしで、学生各自が気象観察、記載を行っていた。

この時間帯頃から、風が出てきて、霞が少しずつ薄くなってきた(図 5 右写真)。

(5) 12:30 ~ 13:00 インターネットによる大気状況データの検索 2 回目 (PC 教場)

12 時の各データを、検索・記載させる。多くの学生は、自分で各 website にアクセスし必要なデータを得ることができていた。ただ、一部の学生は、再度の説明が必要で、個別に対応した。

この時間帯は、気温が上昇し、東京湾臨海地域の大気中の光化学オキシダント濃度が上昇する。2003 年の授業日には、同地域で、光化学スモッグ注意報が発令された。

(6) 13:50 ~ 14:20 目視による気象観察 3 回目 (研究館 6 館ロビー)

この時間帯は、風があり、霞んでいた空が晴れていた。

(7) 14:30 ~ 15:00 インターネットによる大気状況データの検索 3 回目 (PC 教場)

14 時のデータを検索・記載させる。

この時間帯は、東京湾から北～北西へ海風が吹き始める。東京湾臨海地域から移動してきた大気のために、東京都多摩地域や埼玉県で、汚染物質の大気中濃度が上昇する。また、光化学スモッグ注意報が、東京都西部でも発令された。

(8) 15:10 ~ 17:00 授業日の光化学スモッグの発生過程についての考察 (PC 教場)

初めに、筆者が、この日の各時間にとったデータについて、再度解説した。その後、学生各自に、それぞれが記載したデータに基づき、授業日の首都圏での光化学スモッグの発生過程について考察させる。また、データの記載が終わっていない学生には、この時間帯に全て終わらせた。筆者の授業では、レポートとして、各データを記載した用紙と考察を提出させた (図 10, 11)。また、筆者による考察を、翌日の授業で学生に紹介した。

	平成	年	月	日	曜日	時間	試験場への持込みの可否	可・否
担当	先生 科目						1.教科書 2.ノート(自筆) 3.ノート(コピー可)	
その他の注意事項							4.参考書 5.辞書() 6.六法全書 7.配布プリント 8.すべて持込可	

1. 光化学スモッグの一次的汚染物質(窒素酸化物と非192炭化水素など)の排出地域や、地域ごとの排出量の違い
 都市部であり、車の交通も多い区東北部で、大量のNO_xやRが排出されると考えられる。また、同じく車の交通量が多く工場もある神奈川県東部でも排出されると考えられる。「そらまめ」の10時の二酸化窒素濃度は、区東部で0.061-0.100ppmが、神奈川県東部では0.201ppm以上の濃度が見られ、非192炭化水素濃度は区東部と埼玉県東部で1.01ppm以上、神奈川県東部で0.1ppm以上の濃度が見られ、12時の二酸化窒素濃度は、区東部では0.061-0.100ppm、区北部で0.101-0.200ppm、また区西部でも0.061-0.100ppmの濃度が見られ、神奈川県北部で0.061-0.100ppm、南部で0.201ppmが見られる。非192炭化水素濃度は区東部で1.01ppm以上、埼玉県東部、北部でも1.01ppm以上、神奈川県東部、北部で1.01ppm以上が見られる。14時の二酸化窒素濃度は、区東部、西部、北部で0.061-0.100ppm、埼玉県東部、千葉県西部で0.061-0.100ppmの濃度が見られ、非192炭化水素濃度は、区東部で1.01ppm以上、神奈川県北部で1.01ppm以上、埼玉県東部、千葉県北部で0.51-1.00ppmの濃度が見られる。以上のことから、一次汚染物質は、区東部、神奈川県東部で多く排出されている。また、時間がたつにつれて、車速や密度が増えたとの排出量もふえている。

2. 光化学スモッグの発生過程について
 10時のそらまめの二酸化窒素濃度は、区東部で0.061ppm-0.100ppmと高い濃度が見られ、また非192炭化水素濃度は1.01ppm以上ある。これは、自動車から排出された一次的汚染物質が東部上空に蓄積されたからと考えられる。10時、風速は1m/sとほとんどゼロのため、区東部の濃度が上がる。だが、風速は高くなったものの日射が弱いため、光化学オキシジンの生成は少なかった。これは10時のそらまめの光化学オキシジン濃度がゼロである。光化学オキシジンが生成していないため、光化学スモッグが発生しなかった。10時には光化学スモッグ注意報はこの地域には出されていない。

12時には風速は上がり、日射も強くなったため、光化学オキシジンが生成されると考えられる。12時の光化学オキシジン濃度を見れば、0.061ppm-0.100ppmの地域が東京のほとんど、埼玉県全部に見られる。

14時には、さらに日射が強くなったため、さらに光化学オキシジンの生成が増えたと考えられる。この時の光化学オキシジン濃度は見ると、東部の西部では0.061ppm-0.100ppm、埼玉県のほとんどで0.061ppm-0.100ppm、埼玉県南部では0.120ppm-0.237ppmの高濃度が見られる。

12時には、区西部と多摩北部に光化学スモッグ注意報が出た。14時には多摩北部、西部に出されている。

3. 光化学スモッグの汚染地域拡大について
 「そらまめ」の10、12、14時の二酸化窒素濃度と非192炭化水素濃度は、区東部、神奈川県東部で多く排出されている。だが光化学スモッグが発生しているのは、多摩北部と西部である。これは、海風によって一次的汚染物質が東部から西部へと流れたからと考えられる。一方、10時の東部上空はビルが軒を並べたが、12時には少しは空と見えるようになっている。これは、東部上空の一次的汚染物質が、風によって西部と埼玉県へ流れたからだと考えられる。12時の風向、風速は、北へ向かって4m/sであった。この風に流れたのだ。

神奈川県東部で発生した一次的汚染物質が、海風によって、多摩地区や埼玉県に流れた。化学反応を経て、光化学スモッグとなった。

14時には多摩北部、西部に光化学スモッグ注意報が発令された。

図 11 学生提出のレポート。授業日の首都圏での光化学スモッグの発生過程を、考察してもらった。課題は、図 10 右下部を参照。(提出学生の氏名等は消している)

おわりに

2002年の授業終了後、学生に対し、本授業の前後で「環境問題に対する考え方がどの様変わったか」について、自由記述式でアンケートをとった。学生からの回答の主なものは、次の通りである（アンケート回答者は40名、カッコ内は感想を持った者の人数）。

- ・環境問題の解決のために自分で出来ることを実践しようと思った（23人）
- ・自分が環境問題を引き起こしている当事者であることを実感した（10人）
- ・環境問題は自分にとって身近な問題であるという強い印象を持った（7人）
- ・大気汚染の状況を実際に見て環境問題への理解が深まった（7人）
- ・環境保全の大切さを強く感じた（4人）
- ・大気汚染が身近で発生していることに驚いた（3人）

このアンケート結果によると、多くの学生は、本授業で身近な地域の環境破壊を学習することにより、環境問題を当事者として捉え、その対策・解決のため能動的に行動しようという気持ちを持ったようである。

今回報告した授業では、インターネット上のデータを手書きで用紙に記入させることに、もっとも多く of 時間が必要であった。もし、十分に授業時間が確保できない場合は、website上のデータをプリントアウトして学生に利用させることにより、授業時間を短縮することができる。また、学生1台ずつPCを利用できないときは、教員がインターネット上のデータをディスプレイ等で示すなどして授業を行うことも可能であろう。

文献・資料

天野明弘，1997：地球温暖化の経済学．日本経済新聞，228p.

畠山史郎，2003：酸性雨-誰が森林を傷めているのか？．日本評論社，209 p．

環境省：大気汚染物質広域監視システム「そらまめ君」.

<http://w-soramame.nies.go.jp/soramame>

インターネット上の気象・大気汚染データを利用した光化学スモッグについての実習形式の教養教育

気象庁：アメダス（表形式）. http://www.jma.go.jp/jp/amedas_h/

近藤次郎，1984：環境科学読本．東洋経済新報社，207 p．

三代川貴久夫，1997：環境科学の基礎．培風館，244 p．

文部科学省，2002：文部科学白書（平成13年度）．財務省印刷局，469p．

Spiro, T.G. and Stigliani, W.M., 1985：環境の科学．正田誠・小林孝彰訳，学会出版センター，212 p．

辻村哲夫，1992：学校と環境教育．梶山正弘・田中俊夫（編），「地球環境と教育」，ミネルヴァ書房，127-162．

東京都環境局：光化学スモッグ発生のメカニズム．

<http://www.metro.tokyo.jp/ox/bunpu/meca.htm>

東京都環境局：東京都の光化学スモッグ注意報等の発令状況．

<http://www/hankyo.metro.tokyo.jp/ox/bunpu/smog.htm>