



■ 目次 ■ ● 酸性雨研究の展望と課題

地球環境研究グループ酸性雨研究チーム

総合研究官 佐竹研一

● ダイオキシンへの挑戦状

- 理論計算からダイオキシンの未知に迫る -

立教大学理学部化学科化学コース

常盤研究室 高見宏之

● お知らせ

第13回地球環境研究者交流会議シンポジウム

二酸化炭素と植生 - Carbon dioxide and Vegetation -

酸性雨研究の展望と課題

地球環境研究グループ酸性雨研究チーム

総合研究官 佐竹研一

1. はじめに

20世紀に入って拡大した環境問題の中でも、酸性雨問題は石炭・石油の消費と硫化金属の精練、そして農業畜産に関連する環境問題であり、北欧北米で問題が顕在化し、東欧、アジア各地、中南米に問題が波及している。

人口増加を続けるアジアでは今エネルギー需要、金属需要、食糧需要が増大し、これに伴って発電所の建設、地下金属資源の採掘精練、畜産物農産物の増産等が求められている。これらはいずれも酸性汚染物質排出の増加につながり、大気汚染、水環境の酸性化と汚染、富栄養化、森林衰退、生物多様性の減少、人工物の劣化腐食、健康被害等を引き起こす要因となっている。

わが国は東アジアの東端に位置する国として東アジア諸国の酸性汚染物質の排出の影響を直接間接に受ける可能性があるだけでなく、化石燃料と金属資源の大量消費によって直接間接に世界における酸性汚染物質の排出に関係している。

酸性雨問題の解決のためには、酸性汚染物質の排出、移流拡散、降下沈着、陸水・陸上生態系影響ならびに人工物への影響等について説得力のある科学的な情報を得て、発生源対策、生態系影響対策、生態系回復、文化財など人工物への影響対策等を考えていくことが必要である。それは一方で資源を大量消費する私たちのライフスタイルについての問いかけでもある。

(次頁へ)

2. 問題となる化学種

大気中に排出される酸性汚染物質の中では硫黄化合物と窒素化合物が基本的に重要であり、他には酸化性物質並びにアルミニウム、亜鉛、鉛等有害金属が関連化学種として重要なである。

3. 酸性雨研究の対象分野

酸性雨研究の重要性が高まる中で、その対象となる研究領域も拡大している。これまでの欧米や東アジアにおける研究の歴史を振り返り将来を展望し酸性雨研究の対象分野を整理すると基本的には以下の11分野が重要と考えられる。

- (1)酸性汚染物質の発生と発生源対策に関する研究
- (2)酸性汚染物質の反応・移流・拡散に関する研究
- (3)湿性沈着、乾性沈着に関する研究
- (4)陸上生態系影響に関する研究
- (5)陸水生態系影響に関する研究
- (6)酸性汚染物質の生物地球化学的挙動に関する研究
- (7)生態系影響評価モデルに関する研究
- (8)生態系回復に関する研究
- (9)文化財及び人工物影響に関する研究
- (10)分析手法とモニタリング手法に関する研究
- (11)地域総合研究

これらの各分野は相互に深く関係している。しかしそれぞれの研究分野が特色を持っていることも確かであり、各研究分野の相互関係に留意しながら具体的な研究課題を設定する必要がある。これらの諸研究分野の内(1)、(2)、(3)および関連するいくつかの研究領域については、すでに畠山によって本ニュース(Vol.9 No.1)に掲載されているので、ここでは(4)~(11)について述べる。

4. 陸上生態系影響

陸上生態系影響では特に森林-土壤生態系への影響に注目して研究を進める必要がある。その中で例えば以下の課題が考えられる。

(1)森林-土壤系における窒素化合物、硫黄化合物の物質循環過程の解明

- ①山岳地帯における湿性乾性沈着量の定量化
- ②樹種特性に配慮した林内雨、樹幹流の水質形成過程の解明
- ③土壤における化学的生物的緩衝作用の定量化
- ④森林-土壤系におけるアルミニウムの動態の解明と樹木影響の把握
- ⑤物質循環(代謝)過程における土壤微生物の寄与に関する研究

(2)沈着酸性汚染物質の樹木影響の解明並びに樹種別の酸感受性の解明

(3)土壤微生物を含む生物間相互作用の把握

わが国では平成2年より地球環境研究総合推進費による研究が開始され、野外調査並びに室内実験が行われて杉が耐酸性樹木であることが証明された。しかし杉以外の針葉樹例えは北関東や八幡平で枯損の進行しているオオシラビソやまた広葉樹については研究が殆ど行われておらず、今後の課題となっている。なお窒素化合物については、特に野外における窒素化合物の物質代謝過程が複雑であることから調査が進んでいない。野外生態系においては大気からの酸性汚染物質の沈着量を求める影響を評価することが重要であるが、問題は森林衰退の見られる山岳地帯における湿性乾性沈着量の測定という基本的な調査の部分にも存在し、測定手法が確立しておらず観測データそのものも極めて乏しい現状である。いわゆる酸性雨モニタリングステーションはその多くが電源や維持管理等の問題から山岳地帯に設けられたものが少なく、課題を

残している。また、森林－土壌生態系を考える上でこれまでややもすると見落とされていた研究として特に土壌微生物に関する研究があり今後更に重要性を増すと考えられる。

5. 陸水生態系影響

わが国の降水のpHは年平均約4.7である。この降水が集水域をへて、あるいは直接河川や湖沼に降下し、化学的生物的作用をへて特色ある生態系を創っていく。これまでの酸性雨研究の推移の中で特に陸水の酸性化問題を考える上で重要な研究としては

- (1)集水域への湿性乾性沈着による酸負荷及び森林－土壌生態系に配慮した湖沼・河川の水質形成過程の解明
- (2)窒素化合物や硫黄化合物の物質循環の解明と化学的生物的緩衝作用の定量化
- (3)陸水酸中和能マップの作成
- (4)酸性化に伴って溶出するアルミニウム等有害金属の化学種の解明と動態の把握
- (5)ライフサイクルを踏まえた生物(魚類等)の酸感受性と酸影響機構の解明
- (6)食物連鎖・食物網でつながる生物間相互作用の把握
- (7)湖底堆積物を対象とした陸水生態系の時系列変化の把握

等が上げられる。

酸負荷による陸水生態系影響評価のためにには、大気からの酸負荷量、酸負荷の増加に伴う陸水の酸性化現象、陸水の酸性化による生態系への影響に関する研究が重要であり、それそれを密接に関連付けて研究を行う必要がある。そのフィールドとしては、例えば陸水生態系への影響が現われ始めている山地溪流河川や山地湖沼がある。

陸水の水質形成過程を考える際重要な点は、まず乾性湿性沈着物として負荷された酸の定量化である。次に陸水に到達するまでの

経路別の水質評価が重要である。それは経路が水面から直接陸水に入る経路、土壌層の表面やごく表層を通過して入る経路、土壌層や基盤岩石と十分接触し地下水流出として入る経路の3つに大きく分けられ、それぞれで水質に与える影響が大きく変わるからである。陸水生態系は一次生産者である藻類から最上位の魚食魚に至る複雑な食物網のバランスの上に成立しているが、陸水中に生息する魚類、底性動物、甲殻類や貝類、藻類では、酸性化に対する耐性や影響の度合いが異なる。最近明らかになったサケ科魚類の産卵行動への影響がpH6程度でも現れる事など、従来の常識では知られていなかったことがあり、一つの指標として注目される。

pH6前後での酸負荷の影響を、すなわちpH低下をどう評価するかは陸水の酸中和能評価を考える上で今後の大きな課題である。又pHだけでなく、pHの低下に伴い増加する金属元素に対する感受性についても研究が必要である。

また、酸性汚染物質負荷並びにその影響の過去から現在に至る時系列変化を検証することが重要であり、その試料として湖底堆積物は有効である。

6. 酸性汚染物質の生物地球化学的挙動

酸性雨研究は境界領域の研究分野である。酸性雨研究で特に重要な一つの視点は地球生態系を構成する大気・水・土壌・生命(生物)系はそれ不可分の関係で存在しているという視点である。酸性汚染物質の負荷は連鎖現象としてこの不可分の系内で波及していくのである。そして例えば大気－水間、大気－生物間、大気－土壌間など媒質間での化学種の移動、遍在、濃縮を含めた相互関係の把握が特に重要であり、系内を循環移動する物質の量と存在状態を細かく明らかにすること

地球生態系内での化学種の挙動と意味を明らかにすることが出来る。その意味で、

- (1)酸性汚染物質の発生－移流拡散－沈着吸収同化一分解の諸過程に配慮した大気－森林－土壤系、或いは大気－森林－土壤－陸水系における窒素(N)の生物地球化学的循環過程に関する研究
 - (2)硫黄(S)の生物地球化学的循環過程に関する研究
 - (3)金属元素(M)の生物地球化学的循環過程に関する研究
- が重要である。

7. 生態系影響モデルに関する研究

すでにこれまで述べてきたように生態系は化学的な反応、生物的機構が相互に関与しながら働く物質循環の場である。各機構は、酸を中和(陽イオン交換反応による中和、鉱物の風化、窒素の吸収、脱窒など)、或いは酸を生成し(硝化、塩基の吸収など)、生態系の酸・塩基環境はこれらの機構による物質循環に支配されている。大気から負荷される酸性降下物の生態系への影響を予測するためには、各々の機構の寄与を量化した物質循環モデルにより、酸性物質や塩基の消長を推定することが必要と考えられる。

この種のモデルは欧米において、また日本でも検討が行われているが、特に窒素の形態変化、循環に関するモデル化が充分でないでの窒素の生態系中の挙動を明らかにすることが、生態系への影響評価のために特に重要なである。

土壤鉱物の風化は近年酸性物質の中和機構として注目され、測定や推定も行われ始めたが、データはまだごくわずかしか存在せず、生態系影響の広域評価のためには、広範な精度の高い推定を行う必要がある。そこで研究課題として、

(1)物質循環モデルを用いた酸性物質による陸上生態系影響の推定

- a 森林生態系における窒素の循環の定量化
- b 土壤鉱物の風化による酸緩衝能推定の高精度化

等が重要である。窒素は土壤中で様々に形態変化し、土壤の酸性度および土壤の酸中和能に大きな影響を与える。有機物無機化、硝化、脱窒等の過程のモデル化のためには、これまでに蓄積されているデータや知見に基づいて、温度、水分、植生(有機物の供給に影響する)等の条件とこれらの過程の速度(寄与の大きさ)との関係を解析し、定量化する必要がある。更に、微生物活性への土壤酸性化的影響が、今後明らかになれば、そのモデル化により、窒素循環と土壤酸性化の過程をダイナミックに予測することも可能となると考えられる。

8. 生態系回復

酸性雨被害と総称される被害が世界各地に広がる中で多くの国々で発生源対策が取られ、耐酸性生物種に注目が集まる中で、生態系回復が大きな課題として登場しつつある。すでに欧米での経験が物語るように、例えば酸性化した湖沼に石灰を投入し、pHを中性にしてもpHがもとに戻るだけで生態系は回復しない。被害を受け樹木が枯死した森林に対し耐酸性樹種を植えても緑は回復するが元の森林生態系は回復しない。しかしその一方で酸性汚染物質の排出の元になった石炭鉱山、硫化物鉱山の廃坑では含まれる硫化物の酸化によって硫酸が生成し強酸性重金属汚染土壤及び強酸性重金属汚染湖沼が生成し生態系の改変が大きな課題となっている。わが国でこの問題をどのように考え、国際共同研究を含めどのように研究を進めていくかは今後の大きな課題である。

そこで生態系回復関連研究としては

(1)陸上生態系回復

- ①被害地域の自然回復に関する研究
- ②人工的酸中和と生態系回復過程に関する研究
- ③生物機能を利用した生態系修復 (Bioremediation)

(2)陸水生態系回復

- 同上
- 等が上げられる。

9. 文化財及び人工物への影響

東アジアは多くの文化財を抱える地域であり、多くの文化財・人工物が大気汚染下にあり、腐食劣化し問題が生じている。これは湿性沈着物並びに乾性沈着物のもたらすものであり、広く彫刻、絵画、建築物(ブロンズ、石材、木材、コンクリート、塗料等の腐食劣化)に被害がおよんでいる。その中で考えられる研究課題としては、

- (1)酸沈着に伴う腐食・劣化機構の解明
- (2)酸負荷量と腐食量の相互関係の解明とモニタリング
- (3)地域別暴露試験(モニタリングと評価)
- (4)文化財保存手法の開発
- 等がある。

10. 分析手法とモニタリング

酸性雨研究で重要な分野をとっても、化学種の存在量、分布、存在形態、生物地球化学的動態、化学種間の相互作用など化学分析・計測を必要とし分析化学との関係が深い。その中で新たな酸性汚染物質の分析手法並びにモニタリング手法の開発や高度化が求められている。

そこで、

- (1)試料の採取及び保存手法の開発
- (2)現場観測手法の開発(フィールド調査、地

上観測及び船舶・航空機等を利用する現場での観測手法の開発)

(3)安定同位体等トレーサー化学種の計測

(4)クロノロジー計測

(5)生物活性計測等の研究開発が重要である。この中で特に安定同位体についてはイオウの安定同位体、窒素の安定同位体計測手法の高度化が酸性汚染物質の動態を解明する上で重要である。また、積雪地帯におけるモニタリング手法の確立も重要である。

11. 地域総合研究

酸性雨研究では大気－森林－土壌－陸水系について同一地域で研究を進め総合的に酸負荷の影響を解明することが重要である。そのための地域としては汚染地域からバックグラウンド地域に至る多くの地域が候補となる。しかし、自然生態系の酸感受性と生態系自身の重要性を考えると、すでに世界遺産地域でも植物の衰退が見られ始めていることは大きな問題である。世界自然遺産は人類が子々孫々にわたって大切にすべき特に重要な自然生態系であり汚染や破壊から守られなければならない。東アジアではこの地域を代表する典型的な自然として、屋久島及び白神山地が選定され世界遺産として登録されている。

しかし、特に東アジアでは今後酸性汚染物質の排出量の増大に伴う自然環境の破壊や汚染がより深刻になる可能性が高まっており、世界自然遺産地域についても、大陸起源と考えられる汚染物質が測定されるなど、長距離越境大気汚染の影響が懸念され始めている。従って地域総合研究としては

(1)樹木衰退の観察される汚染山岳地域の生態系影響総合研究

(2)世界自然遺産地域の生態系影響総合研究

が考えられるが、研究の一つの焦点として

(1)、(2)両地域に分布する共通樹種に注目し、その相互比較を行いながら酸性汚染物質の生態系影響を明らかにしていくのも一つの方法と考えられる。そして、多分野の研究者が共通の問題意識のもとに、酸性雨汚染物質の影響監視と影響予測のため、現在の清浄度並びに長距離越境大気汚染の実体を明らかし、更に、大気・水・土壤・森林系の相互作用と時系列変化に注目して、生態系の酸性汚染物質に対する影響を明らかにすることが重要である。

12. おわりに

酸性雨関連研究は極めて広範囲の研究対象を持っている。従って、その研究を推進するためには、多分野にわたる多数の研究者の努力と共に、その研究活動を支える研究費を含めた様々なサポートが重要である。さらに国際的な協力関係、連携、協力支援も重要である。

酸性雨研究を推進する上で地球環境研究総合推進費の果たしている役割は特に重要である。

り、わが国の酸性雨研究を支えているだけでなく、世界の酸性雨研究を支える意味での重要性も増していると考えることができる。

しかしながら、世界各地に拡大している問題の大きさ、研究の困難さ、将来生起するであろう諸課題等を考えると、これまでの研究量では極めて不十分で、予算的な背景を含め、量的にも質的にも新たな研究の展開、新たな国際協力関係の展開が求められている事は明らかである。

地球環境汚染の進行した20世紀もまもなく終了し21世紀を迎える。そして西暦2000年にはわが国で第6回酸性雨国際学会が開催される。"Looking back to the past and thinking of the future"は酸性雨国際学会日本大会の標語である。今後わが国で展開される酸性雨研究が数多くの良い研究成果を生み国際的にも良い貢献が出来れば幸いである。

最後に本稿を作成するに当たり直接間接に御協力頂いた方々に感謝し、酸性雨研究の今後の発展を期待する。

ダイオキシンへの挑戦状 — 理論計算からダイオキシンの未知に迫る —

立教大学理学部化学科化学コース

常盤研究室 高見宏之

1. 誰もが知っていて誰も知らないダイオキシン

一検索結果 13070件—これはあるインターネット検索サイトにおいて“ダイオキシン”というキーワードをもとにして日本語のサイトに対して検索をかけた結果、引っ掛けた件数である。

ダイオキシンを始めとする内分泌攪乱化学物質(環境ホルモン)に対する世論の関心の高まりは、インターネットの例を引くまでもなく、数あまたの新聞報道やテレビの特集を通して周知のとおりであり、ダイオキシンという言葉を聞けば、最近では小学生でも何らかの連想が生まれるであろうほどに一般的で最

も関心のある身近な問題となっている。

問題の関心は化学をはじめとする自然科学的な視点に留まらず、最近は各地のごみ焼却場問題に見られるように社会問題としてとりあげられたり、教育の世界においても小中学校での簡易型ごみ焼却炉の設置問題や環境教育といった立場から重要視され、その研究は学際領域化しつつある。

しかしながら、これほどまでに問題とされているダイオキシンに関しても、化学的な観点からみると実際にどのような化学反応によって生成されるのかは解明されておらず、それゆえ出発物質に関しても、諸説あるが未だ解明にはいたっていないのが実状である。これはダイオキシンがその塩素置換位置によっては極めて高い毒性をもち、また一度合成されてしまうと、容易には分解されないことから、実験の後処理にかなりの手間と設備投資を必要とするため、その生成メカニズムを実験的に研究することが極めて困難な状況にあることに起因する。

つまり、ダイオキシンという物質は誰もが知っている物質でありながら、ある側面から見ると実のところ誰も知らない未知の物質であるともいえるのである。

そこで我々は理論計算という手法を使って、その毒性機構の発現メカニズムの解析や生成メカニズムの反応経路の予測を行うことで、より少ない量のダイオキシン合成で効率のよい実験を行う道標になれるものと確信して、かつて例を見ない理論計算に基づくダイオキシン生成の化学反応経路解析を行った。これについては後の章で述べることにする。

2. ダイオキシンはなぜ社会問題化したのか？

-歴史的経緯を追う-

1976年7月10日12時37分、イタリア北部の

セペソという小都市にある2,4,5-トリクロロフェノール(TCP)生産工場で爆発事故が発生した。これが、その後ダイオキシン問題として、また有害廃棄物の越境移動問題として、世界的論争をもたらした事件の発端である。実は、この事故の前にも1962年～1971年のベトナム戦争で、米国が使用した枯葉剤に微量のダイオキシンが含まれていた影響で、その後先天性異常児の出産や流産、癌が多発したケースや、1968年に九州北部を中心に発生したPCB、ダイオキシン類による中毒(油症事件)は発生していた。しかしながら、その原因の解明にまではいたらないうちにこの爆発事故が発生し、世界に一石を投じることとなったわけである。

この爆発によってTCPやエチレングリコールなどからの爆発生成物であるダイオキシン約2kg (TCDD; Tetra Chloro Dibenzo-p-Dioxin換算)によって1810ha (1ha=10,000 m²)にわたる地域が汚染されたと伝えられる。周辺住民は避難を余儀なくされ、約20万立方メートルにも及ぶ土壤の汚染(2,3,7,8-TCDDを ppbレベルで含有。 ppb=10⁻⁹)と41ドラムの残渣2,3,7,8-TCDDを ppmレベルで含有。 ppm=10⁻⁶)の浄化が求められることとなり、種々の浄化方法が検討されたが、有効な方策が見つからず、結局のところ2億ドルかけて陸上保管されることになった。この間、人体への影響や動植物への影響のほか、汚染土壤の処理問題など、ダイオキシン類の有毒性に関する議論が巻き起こるとともに、有害廃棄物問題として越境移動問題が生じることになった。即ち、旧東独の埋立地に向かったとされる、事故の過程で生じた有害廃棄物をいれたドラム缶が行方不明となり、その後フランスで発見されたとするスキヤンダルである。この廃棄物はその後、1985年にスイスのバーゼルにあるチバカイギー社

の焼却炉で250万ドルかけて焼却されたが、この越境問題を深刻に考えた欧州共同体(EC)や経済協力開発機構(OECD)で、有害廃棄物の越境移動規制に関する検討が始まったわけである。こうした一連の検討が、今日のようなダイオキシン問題の広がりの文字どおり火付け役となったのである。

その後、世界各国や日本でごみ焼却炉の飛灰や残渣からダイオキシン類が検出されたり、世界保健機構(WHO)をはじめ、日本でも環境庁や厚生省などで一生摂取しつづけても人体に害がない基準値を策定するなど、様々な動きがあるが、こうした数値も次々に見直しが行われており、当初の基準値と現在の基準値にはかなりの開きがある。こうしたことから考えてもいまだ絶対安全という基準にはいたっていないのが実状である。

3. ダイオキシン類とは？ -構造とその毒性-

第1章でも触れたとおり、ダイオキシンは今日ではかなりポピュラーな化合物となっているので、その構造等もご存じの方が多いかとは思うが、知らない方のためにここで少し触れておきたいと思う。

一般にダイオキシンといえばダイオキシン類のことをさすことが多く、ダイオキシン類とはポリ塩化ジベンゾパラダイオキシン<PCDDs>とポリ塩化ジベンゾフラン<PCDFs>の

総称である。PCBと同じく塩素のつく位置や数により多くの種類の異性体があり、PCDDsが75種類、PCDFsが135種類の同族体をもつ。これらの異性体では、その塩素置換位置により毒性が異なり、中でも特に毒性が強いのは2,3,7,8位が塩素に置換された2,3,7,8-テトラクロロジベンゾパラダイオキシン*2,3,7,8-TCDD(図-1)で、動物実験からごく微量でも発癌性を有し、また、胎児に奇形を生じさせるような催奇形性があるほか、クロロアクネ(塩素ざ瘡)、皮膚の色素沈着、脱毛、肝機能異常などを引き起こすことが知られている。

ダイオキシンの毒性は、青酸カリの1,000倍程度といわれる。また、ダイオキシンは環境エストロジェンとも呼ばれ、多くのホルモン作用に影響を及ぼす。

毒性はダイオキシンと受容体との結合と密接に関連していると考えられるが、その結合様式については未だ明らかにされていない。しかしながら、ダイオキシンの平面性を含めた分子構造や電子親和力・イオン化ポテンシャルなどの電子状態などが毒性を作用する факторであることは示唆されている。しかしながら、ダイオキシンはその強い毒性のために実験による研究が容易ではない。そこで、我々はこれらのデータを理論計算により解析した。

ここでその委細について述べることは避け

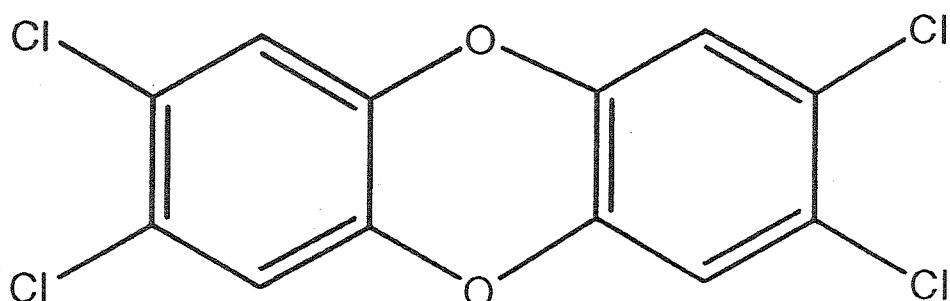


図-1 2,3,7,8-テトラクロロジベンゾパラダイオキシン(2,3,7,8-TCDD)

るが、結果を簡単に示すと、平面性についてはダイオキシン異性体は全体に折れ曲がりやすい傾向を持つが、その中でも2,3,7,8-TCDDは最も折れ曲がりにくく、塩素置換位置と平面性の関係は、1,4,6,9位の塩素が増加すると折れ曲がりやすくなり、2,3,7,8位の塩素が増加するとわずかに折れ曲がりにくくなることがわかった。また、イオン化ポテンシャルが大きくなると毒性が強くなり、電子親和力が大きくなると毒性は弱まるという相関が計算からわかった。この傾向は現在毒性の強さがわかっている異性体で比較する限りは、よくあっておりこの傾向に矛盾はないと思われる。つまりは2,3,7,8-TCDDの毒性が高いという結果を如実に指向しているわけである。

4. ダイオキシンの生成 -反応経路を理論計算により追う-

次に生成反応過程の計算による予測について触れる。このダイオキシンに関する反応の研究が実のところ筆者の研究分野なので、これについては少し詳しい結果をおりませながら進めたいと思う。

まず、ダイオキシンの発生源について考えてみることにする。

ダイオキシン類は主にごみ焼却施設のフライアッシュ（飛灰）や周辺の土壤、牛乳、魚、肉などの食物、母乳などから検出されているが、その発生源はPCBs、クロロフェノール、フェノキシ系除草剤の不純物質、都市ごみ焼却、自動車の排ガス、金属製造、パルプ漂白等複雑で多岐に渡る。いずれの場合も非意図的に生成することが一番の問題といえる。これらの発生源を整理するとおおよそ3種に大別できる（図-2）。

- ①化学物質製造時の副反応
- ②有機物、塩素存在下での燃焼過程
- ③紙、パルプ等の工業的製造工程

これらの3種の中でダイオキシン発生原因の8割を占めるのは②の有機物、塩素存在下での燃焼過程に起因するものであり、我々もこれを重要と考えるが、こうした都市ごみ焼却の飛灰中のダイオキシンについてはダスト表面における触媒作用が関係してくる固相反応（固体表面の反応）であり、そのメカニズムは複雑であるため、我々はまず、①の化学物質の副反応に由来するダイオキシン生成メカニズムを分子軌道法を使った理論計算により、初めて解析した。

ダイオキシンが非意図的に生成される場

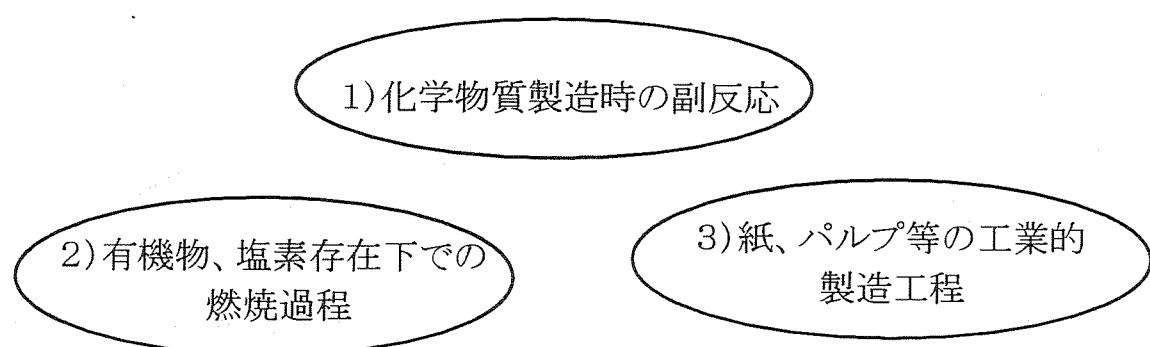


図-2 ダイオキシンの発生源の分類

合、含塩素化合物が重要な前駆体とされるが、我々はその中でも抗菌剤として、繊維製品、石鹼、シャンプーおよび化粧品等に広く使用されているIrgasan DP300(図-3)の異性体を出发物質にもつ生成反応モデルを中心に取り扱った。

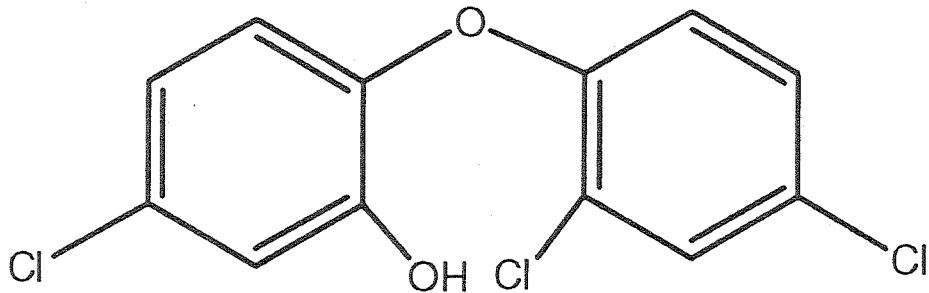
このIrgasan DP300そのものの毒性は低いが、光照射や加熱によって容易にダイオキシンを生成する可能性が指摘されている。

このIrgasanの例を見てもわかるように、ダイオキシンは、我々の本当に身近なところでできている可能性があるといえる。

今回我々が取り扱ったモデル反応を上に示

す。図中のx,yはそれぞれ塩素の置換数を示す。(図-4)

このモデル反応に対して理論計算を行った結果、最も毒性の高い2,3,7,8-TCDD生成反応の活性化エネルギーが70kcal/mol程度、その他のPCDDが74kcal/mol前後であることがわかった(表-1)。このことは同じ条件下であれば、最も毒性の高い2,3,7,8位が塩素で置換されたダイオキシンが化学量論的にわずかではあるが優位に反応が進行することを示唆し、また、この程度の活性化エネルギーであれば焼却炉中などの加熱条件下で容易に反応が進行することがわかった。



Irgasan DP300

図-3 身のまわりで広く利用されているイルガサン(Irgasan) DP300

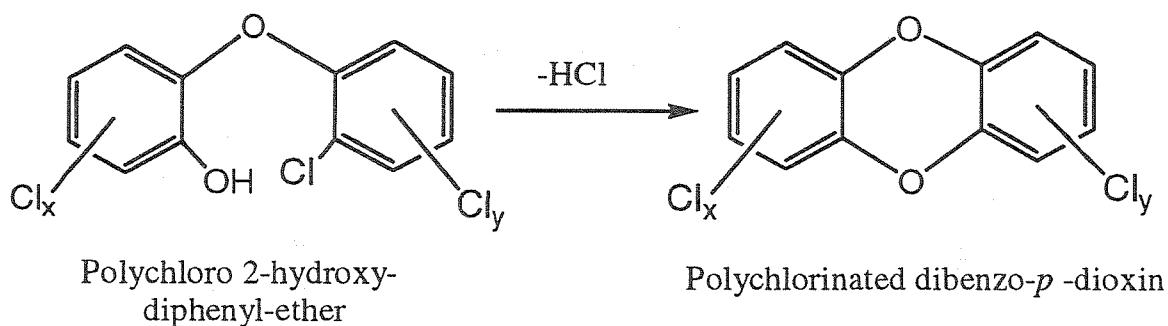


図-4 今回取り扱ったダイオキシン生成のモデル反応

塩素置換位置による活性化エネルギーは以下の通りである。(表-1)

ダイオキシンは分子が大きいため、計算にも時間がかかるので、今回は精度の低い関数を使って計算していることから、上表は絶対値というよりもむしろ相対的な関係を見ていきたい。繰り返しになるが、この結果から、ダイオキシンの生成は、我々の身近に存在する条件下（焼却炉など）で反応が進行するのである。

5. 最後に

ここまで見てきたとおり、ダイオキシンは我々にとって本当に身近な環境汚染物質であり、ダイオキシンが我々の体に与える影響は極めて大きい。にもかかわらず、やはりその強い毒性から、得られている実験的データは乏しく、未だにその実態および反応経路は闇の中にある。

今日でも、ダイオキシン問題への対応はいろいろなところで行われているが、近い将来だけを見た短期間の安定を前提とした対応も多く、本当に根本からの解決には至っていないのが現状のように思える。

ダイオキシン問題は日に日に深刻さを増している。そのような今だからこそ、もっと原点に立ち返った研究が必要だと感じる。そして、何より大事なことは、ダイオキシンに限らずすべての環境問題には、どこまでやって

表-1 各ダイオキシン異性体生成反応(図-5)の活性化エネルギー

塩素置換位置	energy(kcal/mol)	塩素置換位置	energy(kcal/mol)
2,3,7,8	70.35	1,3,7,8	73.22
1,2,3,7,8	73.84	1,2,4,7,8	73.57
1,2,7,8	72.73	1,2,3,4	73.37
1,2,3,4,7,8	74.30	1,2,3,4,7	73.88

もゴールというものはないということである。

僕の好きな歌の歌詞に次のような一節がある。

“風に乗れ 立ち向かえ 銀色の夢。
たとえゴールが見えない迷路でもいい”

～「銀色の夢～ all over the world ～」
(作詞：池森秀一)より～

我々は何事にたいしてもゴールを求めすぎている気がする。確かに何かを目標にして突き進むことは大切だと思う。しかし、本当に大切なことは走りつづけ、そして模索しつづける過程などと僕は思う。ゴールは常にその延長線上にあるものであって、決して最終地点ではないと……僕は考えている。

地球上にすますべての人々がダイオキシン汚染を環境問題としてとらえつづけ、常に何かを模索していく……それこそが本当の意味でダイオキシン問題解決の糸口となるのであろうと思う。

地球は、我々今を生きる人間だけのものではない。そこに生きるすべての生き物、そして未来に生きるすべての生き物にとって、かけがえのない財産である地球……この地球を美しいまま未来に残す一助を担う研究ができたら……と思う。

末筆ながら、今回僕のような者に貴重な紙

面を提供していただいた国立環境研究所地球環境研究センターの方々をはじめとするスーパーコンピュータに関わるすべてのスタッフ

の方々、そして最後までお付き合いいただいた読者の方にこの場をかりて心よりお礼を申し上げます。

第13回地球環境研究者交流会議

シンポジウム

二酸化炭素と植生

Carbon dioxide and Vegetation (二酸化炭素と植生)

- Advanced international approaches for evaluation of vegetation as sinks of CO₂ and responses of vegetation to CO₂ (植生の吸収源評価と植生影響に係わる最新の国際的アプローチ) -

○主催：環境庁 国立環境研究所 地球環境研究センター

○日時：平成11年3月18日(木) 9:20～18:30

○場所：国立環境研究所 大山ホール

茨城県つくば市小野川16-2 (TEL 0298-50-2347 Fax 0298-58-2645 : 交流係)

(JR常磐線ひたち野うしく駅よりつくばセンター行バス国立環境研究所前バス停下車)

(常磐高速バス(東京駅発)つくばセンターよりJRひたち野うしく駅行バス同上バス停下車)

地球温暖化は地球環境問題の中でも最も注目を浴びている分野ですが、一昨年開催された京都会議(COP3)の結果を受けて、森林等植生の二酸化炭素(CO₂: 主要な温暖化ガス)吸収源としての評価が特に重要な課題となっていました。また、森林を含めた植生のCO₂濃度上昇に対する反応も重要な課題の一つとなっています。

そこで、第13回地球環境研究者交流会議では、地球温暖化研究の中でも、特にホットな話題である、森林のCO₂吸収源としての評価と、野外でのCO₂濃度上昇実験(FACE)に関して、現在世界の第一線で活躍している研究者の講演会を企画しました。上記課題に関心のある多くの研究者等の積極的な参加・討論を歓迎いたします。

プログラム概要(予定)

9:20開会

9:30第1部：SINK (evaluation of vegetations as sinks of CO₂)

発表者：Gen INOUE (NIES, Japan)

Susumu YAMAMOTO (NIRE, Japan)

Ramakrishna NEMANI (Univ. of Montana, USA)

Marc AUBINET (FUSAG, Belgium)

Mike APPS (NRC, Canada)

David HOLLINGER (USDA Forest Service, USA)

Achim GRELLER (SLU, Sweden)

14:00第2部：FACE (Responses of vegetation to CO₂)

発表者：Kazuhiro KOBAYASHI (NIAES, Japan)

Walter OECHEL (SDSU, USA)

David ELLSWORTH (BNL, USA)

Evan DELUCIA (Univ. of Illinois, USA)

Dave KARNOSKY (Michigan Technological Univ., USA)

Allan D. MATTHIAS (Univ. of Arizona, USA)

Paul NEWTON (GRC, New Zealand)

地球環境研究センター(CGER)活動報告(10月)

- 1998.10. 5 藤沼研究管理官が分野別研究分科会「地球の温暖化」に出席（東京）
5 横田研究管理官が分野別研究分科会「オゾン層の破壊」に出席（東京）
5 清水研究管理官が分野別研究分科会「人間・社会的側面」に出席（東京）
6 井上総括研究管理官がカイトフレーン飛行実験準備のために出張（日立）
6 中島主任研究官・清水研究管理官が分野別研究分科会「海洋汚染」に出席（東京）
6 中島主任研究官が「平成10年度アジア地域途上国の環境測定分析精度管理体制の整備支援調査」に関するセミナーに出席（滋賀）
7 中島総括研究管理官・横田研究管理官・清水研究管理官・遠藤係長が地球環境研究総合推進費公開シンポジウムに出席（東京）
7 横田研究管理官が第11回 ADEOS-II 地上部分に関する打ち合わせに出席（東京）
7 福岡県鞍手高等学校第2学年生が見学
8 井上総括研究管理官が分野別研究分科会「熱帯林の減少」に出席（東京）
8 藤沼研究管理官が分野別研究分科会「地球の温暖化（現象）」に出席（東京）
8 横田研究管理官が ILAS-II プロジェクト研究計画ワーキングショップに出席（東京）
8 清水研究管理官が分野別研究分科会「酸性雨」に出席（東京）
9 井上総括研究管理官が分野別研究分科会「地球の温暖化（対策）」に出席（東京）
9 藤沼研究管理官が分野別研究分科会「生物多様性の現象」に出席（東京）
9 横田研究管理官が第24回「リモートセンシングシンポジウム」に参加（東京）
9 清水研究管理官が分野別研究分科会「砂漠化」に出席（東京）
10～11 藤沼研究管理官・遠藤係長がつくば青少年フェスティバルに参加（つくば）
13 清水研究管理官が平成10年度地球環境研究等企画委員会及び地球環境研究小委員会に出席（東京）
14 横田研究管理官が平成10年度第1回 IMG 運用検証委員会に出席（東京）
15～16 井上総括研究管理官が放射性同位元素に関する研究打ち合わせを行う（愛知）
16 布井係長が海面上昇データベース改訂のための情報提供編集委員会第1回会合に参加（東京）
16 電気学会一般産業技術委員会が見学
19 中島主任研究官が JICA 「水質モニタリング研修」の講師を行う（東京）
21 井上総括研究管理官・遠藤係長・藤沼研究管理官が地球環境モニタリング検討会陸域生態系モニタリング分科会に出席（東京）
23 人事院事務局給与第三、第四課が見学
26 岩手県高等学校理科教師の先端研究施設派遣研修事業のため見学
27 外務省文化交流部文化第二課「第25回東南アジア元日本留学者の集い」が見学
28 インドネシア国境管理センター環境情報部コーディネーターが見学
28 大韓民国環境部課長補佐が見学
29 中島主任研究官が国際シンポジウム「人間と海」に出席（東京）
29 清水研究管理官が神奈川県における森林衰退に関する予備調査を行う（神奈川）
30 ベンガラ環境研究研修センター副センター長が見学
30 カナダ国立水調査研究所・UNEP/WHO 協力センター長が見学
30 セミナー「Water Quality For Human Uses: Criteria, Standards and Needs」国立水研究所ロバーツ氏が見学（カナダ）

地球環境研究センター出版物在庫一覧 (CGERシリーズ)
 (ご希望の方は地球環境研究センター交流係までご連絡下さい。)

CGER No.	タ イ ル
A001-'91 A002-'93 A003-'94 AO05-'96	地球環境研究センター年報 地球環境研究センター年報 Vol.2 (1991年10月～1993年3月) 地球環境研究センター年報 Vol.3 (平成5年4月～平成6年3月) 地球環境研究センター年報 Vol.5 (平成7年4月～平成8年3月)
D003-'94 D004-'94 D006-'94 D007(CD)-'95	温暖化の影響評価研究文献インベントリー (日本編) GRID 全球データセットユーザーズガイド GRID DATA BOOK Collected Data of High Temporal-Spatial Resolution Marine Biogeochemical Monitoring by Japan-Korea Ferry (June 1991- February 1993)
D008-'95 DO09-'96 DO10-'96 DO11-'96 DO12(CD)-'97 DO13-'97 DO14(CD)-'98	GRID-TSUKUBA (パンフレット) DATA BOOK OF SEA-LEVEL RISE '94IGAC/APARE/PEACAMPOT 航空機・地上観測データ集 '95IGAC/APARE/PEACAMPOT 航空機・地上観測データ集 東アジア定期航路モニタリングデータ (1994年4月～1995年12月) DATA BOOK OF Desertification/Land Degradation Data of IGAC/APARE/PEACAMPOT Aircraft and Ground-based Observations '91-'95 Collective Volume
DO15(CD)-'97 DO16-'97 DO17-'97 DO18(CD)-'97 DO19(CD)-'97 DO20(CD)-'98	北太平洋海域植生プランクトン分布衛星画像時系列データベース CD-ROM 産業関連表による二酸化炭素排出原単位 (FD付) 国際研究計画・機関情報 II IGAC/APARE/PEACAMPOT 航空機・地上観測データ '91～'95 集成版 東京23区の人工排熱(エネルギー消費)時空間分布 東アジア植生指数月別モザイク図 (1996年) CD-ROM (Monthly NDVI in East Asia in 1996 CD-ROM)
M003-'93 M004-'94	ANNUAL REPORT ON GLOBAL ENVIRONMENTAL MONITORING 1993 MONITORING REPORT ON GLOBAL ENVIRONMENT -1994-
I001-'92 I010-'94 I011-'94 I014-'94 I015-'94 I016-'94 I018-'95 I019-'96 I020-'95 I021-'96 I022-'96 I023-'96	GLOBAL WARMING AND ECONOMIC GROWTH CGER'S SUPERCOMPUTER ACTIVITY REPORT 1992 Vol.1 Global Carbon Dioxide Emission Scenarios and Their Basic Assumptions -1994 Survey- PROCEEDINGS OF THE TSUKUBA OZONE WORKSHOP IPCC Technical guidelines for Assessing Climate Change Impacts and Adaptations CGER'S SUPERCOMPUTER ACTIVITY REPORT Vol.2-1993 PROCEEDINGS OF THE TSUKUBA GLOBAL CARBON CYCLE WORKSHOP -GLOBAL ENVIRONMENT TSUKUBA '95- GLOBAL WARMING, CARBON LIMITATION AND ECONOMIC DEVELOPMENT CGER'S SUPERCOMPUTER ACTIVITY REPORT VOL.3 - 1994 CGER'S SUPERCOMPUTER MONOGRAPH REPORT VOL.1 (TURBULENCE STRUCTURE AND CO ₂ TRANSFER AT THE AIR-SEA INTERFACE AND TURBULENT DIFFUSION IN THERMALLY-STRATIFIED FLOWS) CGER'S SUPERCOMPUTER MONOGRAPH REPORT VOL.2 (A TRANSIENT CO ₂ EXPERIMENT WITH THE MRI CGCM -ANNUAL MEAN RESPONSE-) 第8回地球環境研究者交流会議報告書〈地球環境研究の新たな展開〉 －人間・社会的側面の研究推進に向けて－

I024-'96	CGER'S SUPERCOMPUTER ACTIVITY REPORT Vol.4-1995
I025-'97	CGER'S SUPERCOMPUTER MONOGRAPH REPORT Vol.3 (Study on the Climate System and Mass Transport by a Climate Model)
I026-'97	第10回地球環境研究者交流会議報告書〈社会科学面からの地球環境研究の取組み〉－IHDP研究者交流会議－
I027-'97	LU/GECプロジェクト報告－アジア・太平洋地域の土地利用・被覆変化の長期予測（II）－
I028-'97	CGER'S SUPERCOMPUTER MONOGRAPH REPORT Vol.4 (Development of a global 1-D chemically radiatively coupled model and an introduction to the development of a chemically coupled General Circulation Model)
I030-'97	CGER'S SUPERCOMPUTER ACTIVITY REPORT Vol.5-1996
G001-'93	アジア太平洋地域における社会経済動向基礎調査データ＜各国別資料集＞

地球環境研究総合推進費報告書

地球環境研究総合推進費 平成7年度終了研究成果報告集（中間報告）
 地球環境研究総合推進費 平成7年度研究成果報告集（概要版）
 地球環境研究総合推進費 平成8年度終了研究成果報告集（II）
 地球環境研究総合推進費 平成8年度研究成果報告集（概要版）
 Global Environment Research of Japan in 1995
 Global Environment Research of Japan (Final Reports for Projects Completed in 1995) PART 1
 Global Environment Research of Japan (Final Reports for Projects Completed in 1995) PART 2
 Global Environment Research of Japan in 1996
 Global Environment Research of Japan (Final Reports for Projects Completed in 1996)

地球環境変動に関する日米ワークショップ報告書

PROCEEDINGS OF THE THIRD JAPAN-U.S. WORKSHOP ON GLOBAL CHANGE MODELING AND ASSESSMENT Improving Methodologies and Strategies

平成11年3月発行

編集・発行 環境庁 国立環境研究所
地球環境研究センター
連絡先 交流係

〒305-0053 茨城県つくば市小野川16-2
TEL: 0298-50-2347
FAX: 0298-58-2645
E-mail: cgercomm@nies.go.jp
Homepage: <http://www.nies.go.jp>
<http://www-cger.nies.go.jp>

このニュースは、再生紙を利用してます。