



地球環境研究センター ニュース

Center for Global Environmental Research

<通巻第71号>

Vol. 7 No. 7

■目次 ■ ●自己紹介

地球環境研究センター長 大井 玄

●サンゴ礁は大気中の二酸化炭素を減少させられるか?

国際共同研究官 植弘 崇嗣

●気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 第12回全体会合

環境専門調査員 福渡 潔

●国際研究機関情報シリーズ No.2

CIESIN 観測第2係

●お知らせ

自己紹介

地球環境研究センター長 大井 玄



この秋から当研究所の一員として参加したが、立場上他の所員の今までの仕事、現状認識、将来構想などを聞く必要がある。とすればこちらがなにをやってきたか、簡単な経歴を語るのが礼儀ではなかろうか。

過去十回職場を変えたといえば、仕事や研究の内容が多岐にわたるのは当然としても、例外的に一貫して続けてきたのは臨床医としての営みといえよう。それも主として寝たきりやぼけ老人、がん患者など広い意味で終末期に属する人たちを対象してきた。彼らを通して得られた人間理解は、今までの全ての仕事に対し常に翳を落としたようにも思われる。

(次頁へ)

環境省 国立環境研究所 地球環境研究センター

1996年10月

Homepage: <http://www.nies.go.jp>
<http://www-cger.nies.go.jp>

1963年、他人より3年遅れて医学部を卒業した時、別段の抱負があるわけではなく、学者になるような展望もなかった。インターン終了後入った内科医局には1年もおらずに飛び出しアメリカに渡った。当時日本経済は成長に成長を重ねていたが、医局はちょうど農奴制度に似たところだった。研究成果が一流ジャーナルに論文として掲載されると、まず教授が筆頭オーサーになり、病院の診療活動は無給医局員が支えていた。私はノンポリだったが、日本国内にある社会制度の格差には敏感だったのかも知れない。しかしこの無謀といわれたアメリカ行きで、その後ほどなく起こった学園紛争の期間中、第二次大戦後起こった同国繁栄の最後期を満喫できた。

私が滞在した5年半の間、アメリカはベトナム戦争をきっかけとして衰勢に傾いて行く。はじめの4年はフィラデルフィアの大学病院で内科を研修し、次いでデューク大学で血液学・がん学のフェローになった。毎日朝6時前から真夜中過ぎまで働く忙しい一年間だったが、ある夜インターンと当直していると一通の証書をもらった。今夜、アメリカの月探索隊が月表面に上陸したその瞬間、お前は当病院でシコシコ働いていたことを証明する、との内容だった。名月は煌々として中天を侵し、建物の周りの木々は真暗く静まりかえっていた。

ちょうどその頃、母の具合が心配されるとの知らせがついた。非政治的家系に生まれたはずの弟が狂い咲きしたように学園紛争で活躍した結果、司法当局ににらまれる。大学病院の新病棟開設に反対し座り込みを行った際、逮捕され、半年以上拘置された。母の「心痛」とは適切な表現で狭心症の発作である。有無を言わぬ帰国理由だった。

東京都立衛生研究所環境保健部公害第二研究室に勤務しはじめたのは1971年正月で、日

本列島は公害運動の波をかぶっていた。さて、主任研究員として採用なので随分えらくなつたような気になったが、先に入都していた医学部の同級生たちは、それが係長待遇であり自分たちはすでに課長なのだと教えてくれた。

しかし都衛研での仕事はおもしろかった。まずドバトの血液、骨などに鉛が蓄積し、さらにヘム合成系のδ-アミノレブリン酸脱水酵素の活性度が、鉛の体内侵入により、敏感に抑制されるのを利用して、鉛の都市型環境汚染を調べた。いうまでもなく鉛の出所はガソリンのアンチノックング剤である。ハトは鉛のみならずP-ジクロールベンゼン、ジオキシンなどの生物指標としても役立った。そしてその分析は、大学院を修了したばかりで碁の強い森田昌敏青年が行った。またハトが危険を仲間に伝えるのは羽ばたきですぐから、餌をまきながら手捕りすると20羽ぐらいはまたたく間にとれる。「ハトの天敵」の異名が献ぜられたのはやむをえなかった。

次いで興味を抱いたのはメチル水銀とそれより強毒なセレンの相互滅毒作用だった。この現象はウィスコンシン大学の研究者が1970年代初めに報告しているが、同じ現象はすでに水俣病発生当時、熊本大学医学部の研究者たちが観察しながらもその意味に思いついたらなかつたものである。というは、次のような歴史があった。水俣湾でネコが狂い死にし「奇病」の患者が続出していた頃、そこから10キロほど離れた漁村では被害者は現れていなかつた。それなのにそこのネコの肝臓には狂死したネコよりはるかに高い濃度の水銀と、さらに奇妙なことには、慢性セレン中毒で斃死した動物の肝臓に見出される値より数倍高い濃度のセレンが検出されたのである。

アメリカに再度留学したのは、5年間環境衛生の問題と取り組んで、いかにも公衆衛生の基礎的素養が欠けているのを痛感したから

である。ハーバードの公衆衛生大学院では疫学と労働衛生実習がおもしろく、後で役立った。厚生省から松村明仁君が同級にきており、2人とも寄生虫学の前期試験で落第点をとっている。彼は1年で帰国したが、私は労働衛生のフェローとして残り、カナダインディアンに水俣病患者がでたという噂を調査したりした。しかしニューイングランドの冬は暗く寒く、さらにアメリカ社会自体が5年前とは恐ろしいまで様変わりしていた。学生へのオリエンテーションには強姦された時のアフターケアがあり、私のラボのテクニシャンはすでに2度強盗に逢っていたし、向かいの病院では院内殺人が起こっていた。

1978年帰国し、東大医学部衛生学教室に移った時が次の転換期になった。大学では人も金も機械も乏しい。環境研究にはそれがすべて必要である。途方に暮れた時、活路は思ひがけない方向からきた。旧医局の先輩が地方大学の教授として転任するので、長野県佐久市の高齢者検診と痴呆や寝たきり老人の宅診を引き継いでくれないかとの話がきた。二つ返事で引き受けたのは割のよいアルバイトと思ったからである。

しかし私のオッショコチョイさが明らかにしたのは、自分が高齢者について全く無知であることと、大学病院の専門家も根本的にはそうだという事実だった。たとえば、ボケ老人の介護者にとってボケることはいちばんの恐怖である。手足をまめに使っていれば本当にボケないのか？また、なぜ病院でおとなしい痴呆老人が家に戻ると夜中に騒ぐのだろうか？こんな質問を受けて老人科や精神科の教授のところに走っていってもすっきりした回答はない。結局自分で答えは見つけなければならぬことを思い知った。それで関心を同じくし、しかも心理学、老人学、看護学など自分とは異なるバックグラウンドの研究者を何

人か結集した。トヨタ財団から思いもかけぬ額の援助を受け、東京都杉並区、佐久市、沖縄県でぼけ老人調査を行った。その結論は一口でいうと、高齢者は、自分で対応できない心理的負荷がかかると夜間せん妄や妄想などの異常精神症状をあらわすというものだった。

高齢者医療は広義の終末期医療である。医療は故障しくたびれ果てた生命を延ばすことはできても、その健康をとりもどすことはできない。終末期には苦痛を除くのを主とすべきだろうか、それとも延命のため努力を続けるべきか。いやそもそも治らない病にかかっていることを本人に告げるべきか。80年代初めこういう疑問にこたえる情報はほとんどなかった。ならば、やはり自前の回答を見出すよりほかない。

終末期医療についての意識調査は、医師・看護婦、住民、患者を対象として行った。奥行きの深い研究主題は、答えを一旦与えたようにみえても、かならず、より深い次元での疑問を突き付けるものである。たとえばこの調査で奇妙に思ったのは、いずれの地域の医者でもほとんどが手遅れのがんの告知をしない。これは理解できるとしても、患者が「先生、わたしにはがんがありますか」と直接聞いた時にもやはりほとんどが正直に答えないのはなぜか。この疑問から後日、倫理意識の方向性という概念がうまれ、開放系社会と閉鎖系社会の文化差に関心を向けるようになった。いずれにせよ人間は一筋縄ではいかぬ代物である。

1985年帝京大学医学部に移ったが、医学部長は安部英氏であった。周知のとおりこの年の春初めて日本のエイズ患者例が報告された。当時アメリカでは、HIV感染患者はゲイと麻薬患者を中心にして100万から150万ともいわれ、アフリカでもヘテロセクシャルな経路で信じがたい規模の流行が進行しつつあった

(たとえばザンビアの大学病院の外来患者の5人に1人は感染していた)。ところが不思議にも、日本では同年中その後の患者、感染者報告がない。当時CDCのMobility Mortality Weekly Reportでは毎週百、千の単位で新しい患者感染者数の報告があったのに、日本ではどうしたのだろう。エイズ大流行は起こるのか起こらないのか?85年暮れは泡盛でボーッとなつた頭でそんな議論をした。

翌年春、しびれをきらしてデルフォイという頼りない手法で公衆衛生・臨床の感染症専門家に5年後10年後の日本の感染者(患者を含む)数予測をしてもらった。結果は人間心理の偏りの大きさを示す皮肉なものとなる。大流行が起こる暁には超多忙になるであろう専門家たちは5年後(1991年)450人(中央値)、10年後(96年)950人と予測したのに対し、エイズとは直接関係ない専門家たちはそれぞれ100人、175人であった。実際には91年の報告数は104人と記憶しているから後者の予測は的中したといってよい。さて今年(1996年)は何人と報告されるか。いずれにせよ何百人という桁であることには間違いない。エイズ流行は今のところは比較的制御されているほうだといえよう。

1989年東大に戻った頃には、それまで抱いていた素朴實在論的認識では説明できない現象をたくさん見ていた。たとえば、クオリティ・オブ・ライフ(QOL)という、自分の実存についてのしあわせ、生きがいなどに関する全般的かつ主観的評価がある。当然、健康なものは不健康なものより、金のあるものはないものよりそれが高いと期待されよう。現実はそうでないのであり、進行がんの人たちは健康人たちと同じレベルのQOLをもつ。飢えの残るカンボジアの子供は日本やアメリカの同輩たちよりしあわせなのである。この現象を説明するには百八十度の認識論的転換が必要

だった。

1992年、当時の遠藤実医学部長と鈴木繼美前保健学科主任が構想されていた国際保健学専攻(大学院)が発足し、私はそちらへ移った。途上国を訪れる機会に恵まれた恩恵は、人間が生きるということの全体性を再確認できたことだった。といっても大方の若い人は理解し難いだろう。

ヒトの長い歴史を通じてもっとも身近な感覚は「飢え」である。敗戦前後の数年間、私にとってそれは逃れようなき親しい感覚だった。そんな時でも大切な客があると、私が飼育をまかされていたニワトリの1羽を饗應する。可愛がっていたトリの首をひねり、羽根をむしるのはつらかったが、噛みしめたその肉は目くるめくほど美味だった。そして胃の腑で感じたのは、自分は他の生命体によって生かされている、という事実である。

貧しい国々では、生の全体性が見える。今の日本ではスーパーに行けば、トリの筐身でも手羽先でも股でも、いやウシだってブタだってまるで精製食品のように分けられ切りそろえられて陳列されている。餌をついばんでいたトリ、鼻を鳴らしていたブタの面影は最初から消された還元食品。還元された生。

おもしろおかしく、そして少し涙の味もある個人的人生は十二分に生かさせてもらった。ありがたいことである。日輪は地平に近づいているが旅はもう少し続くのだろう。そして、その旅の想いは今までと違うものであらねばならないことは自覚している。

サンゴ礁は大気中の二酸化炭素を減少させられるか？

国際共同研究官 植弘 崇嗣

序

「来世紀には、地球の温度が地表面の平均気温で1—3℃上昇するのではないか。」と危惧されている『地球温暖化問題』において、最も重要な鍵を握っている物質『二酸化炭素（炭酸ガス）』については、昔から多くの情報が集められているので、もう解らないことなど無いのではないかと考えられる方もたくさん居られると思います。しかし、実はまだ多くのことがよく解っていないのです。

二酸化炭素は、地球の上で色々な物理・化学過程、更に生物活動によって、大気や海水中或いは岩石・鉱物の中、また生きているものや死んだ生物体や化石（石炭や石油・天然ガスも含まれる）の中といった具合に動き回り、その化学的な形を変えています。今日、私たちは石油や石炭などのいわゆる化石燃料を利用してエネルギーを得て、その結果として二酸化炭素を排出しています。しかし、私たちが排出している量は、自然界で生物が陸上や海中で活動して大気圏・生物圏・水圏で動かしている量に比べるとわずかな量（数%）でしかありません。それでも、そのわずかな量を自然界の物の流れの中に持ち込むことによって、世界中の科学者だけではなく、政治家をも巻き込んで多くの人々が心配するほどの、大規模な地球的規模の環境変化をもたらすのではないかと言われています。それくらい、自然の営みは微妙なバランスの上に成り立っていると言えるでしょう。

大気中の二酸化炭素の濃度は古くから測られてきましたが、十分に正確で継続的に測られた例としては、日本も南極観測を始めた（白瀬大尉による南極探検は除く）国際地球観測年を契機として1958年に米国のキーリング博士がハワイのマウナロア山で始められ、現在まで続いている観測があります。このデータを始め、後年追加された観測場所のデータを基にして見積もると、私たちが毎年化石燃料の消費等で人為的に大気中に放出している二酸化炭素のうち、約半分が大気中に残っていることになります。大気中から失われた分は、地表面つまり陸上の生物や土壤、あるいは海水中の生物あるいは海水に吸収されているはずです。しかし、これまでのデータからこのような生物や海水中に吸収される量を見積もると、吸収できる量は必要とされる量よりも少なくなってしまいます。この説明できない量の二酸化炭素の吸収源を『ミッシング・シンク（missing sink）』と呼んでいます。『ミッシング・シンク』としては、陸上の植物・生態系と海洋が考えられますが、様々な学問分野の研究者が共同して、「いったいどこに吸収源があるのか、それは今後とも変化しないのか。」などの研究を実施しています。地球環境研究センターにおいても、地球環境モニタリングの一環として、ベースライン大気中の二酸化炭素を始めとする温室効果ガスの観測を沖縄と北海道で行い、また、フェリー、コンテナ船や貨物船にボランティアで観測機材を搭載させてもらって海水と大気の温室効果ガスの観測を北太平洋や西太平洋で実施しています。

さて、その昔地球ができた頃は、大気中には他の物質と反応して結合し易い酸素ガス(O_2)は存在できず、一方、二酸化炭素が多量に存在していたと考えられています。これらの二酸化炭素は、光のエネルギーを使って二酸化炭素と水から有機物を合成(光合成)する生物、則ち植物の誕生により、大量に利用・吸収され減少したのです。この光合成の過程で廃棄物としてできた酸素は、それまでの古い地球の環境を大きく変えて、海水中に生存していた生物にも多大の影響を与えました。それまでの酸素のない環境で生きてきた多くの原始的な生物が滅亡し、新たな生物種が生まれる原因となりました。つまり、色々な物質と結合し易く、生物の体を構成している物質さえも破壊しかねないとんでもない『毒ガス』である酸素ガスに抵抗性を持ち、更に、より効率の良いエネルギーを創る源として酸素(と有機物)を利用する生物を生き残らせ、発展させることになるのです。また、海水から大気中に放出された酸素ガスは、太陽光に含まれる有害な紫外線を遮るオゾン層を作る素となり、陸上に生物が進出する足がかりを作りました。陸上に進出した植物は、大量の二酸化炭素を吸収して森林を作り、これが現在の石炭の素になったのです。また、海洋中では炭酸カルシウムの殻を持つ生物、今のサンゴや軟体動物(貝やタコ・イカの仲間)あるいは殻を持つ藻類の仲間が、大量の炭酸カルシウムを固定しました。これが、現在の石灰岩や大理石になっているのです。このように、太古大気中に多量に存在した二酸化炭素が、現在では、石炭等の植物化石や石灰岩等の海洋生物の遺体として大気圏・水圏から除かれているわけです。

では、現在の地球ではどうでしょうか。現在でもサンゴ礁や貝類或いは炭酸カルシウムの殻を作る海産の藻類が、海水中から炭酸カルシウムを除去しています。この機能を促進すれば、あるいは人工的に炭酸カルシウムを海水から大量に除去するシステムを発明・開発すれば、地球の温暖化を促進する大気中の二酸化炭素を減らすことができるのでしょうか?

前に述べた太古からの地球の歴史を考えると、二酸化炭素を炭酸カルシウム(石灰岩、石灰石)として固定することは非常に効果的に思われます。しかし、海洋を化学者の目で見ている研究者の間では、海水から炭酸カルシウムを除去することは、温室効果に寄与する大気中の二酸化炭素を逆に増やす結果になるのではないかと考える人々が数多くいます。

直感的には、二酸化炭素が炭酸カルシウムという固体として海水から除かれるのだから、大気から海水へ二酸化炭素が移動し、大気中の二酸化炭素も減って当然だと思われるます。それなのに、化学者がなぜこのような直感とは逆のことを主張するのか?数回にわたって、できるだけ単純な基本となる考え方の下にできるだけ解り易く(?)説明したいと思います。皆様からのご質問、ご意見、解り難い点のご指摘等をお待ちしています。

I 隔離された海水からの炭酸カルシウムの除去

第I部では、周囲と物質のやり取りのない、隔離された環境中にある海水から炭酸カルシウムが除去されると、海水中に含まれる二酸化炭素の挙動がどうなるかを考察しま

す。例えば、大きなバケツに海水を汲んできて、沈殿させるなど何らかの方法で、この海水から炭酸カルシウムを除去することを想定します。本稿では誌面の都合で結果を提示するにとどめ、その背景となる考え方及び裏付けとなる数式等の詳細については C G E R のホームページ (<http://www-cger.nies.go.jp/cger-j/c-news/vol17-7/coral.html>) に掲載しております。

始めに極簡単に、二酸化炭素に関連する物質の海水中での挙動を説明するのに用いる、基本的な考え方を示します。ここでは、「電気的中性の原理」と「物質（質量）保存の法則」という二つの原理を基本にします。海水中にはイオンと呼ばれるプラスとマイナスの電気を帯びた粒子が多数存在するのですが、「全体としては、プラスとマイナスの電気の量が等しく、中性でなければならない。」というのが、「電気的中性の原理」です。また、外界と物質の出入りのない「隔離された空間の中では、物質は色々変化しても、基本的物質（元素）の量は変化しない。」というのが、「物質（質量）保存の法則」と呼ばれるものです。

電気的中性の原理を実際に海水中に含まれている主なイオン種を使って書き表すと

$$[\text{H}^+] + \{\text{Na}^+\} + 2[\text{Mg}^{2+}] + 2[\text{Ca}^{2+}] + [\text{K}^+] + \dots = [\text{OH}^-] + [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}] + \{\text{Cl}^-\} + 2[\text{SO}_4^{2-}] + [\text{Br}^-] + \dots$$

となります。左辺{}と右辺の{}の差をアルカリ度と呼び、

$$[\text{AL}] = \{\text{Na}^+\} + 2[\text{Mg}^{2+}] + 2[\text{Ca}^{2+}] + [\text{K}^+] + \dots - \{\text{Cl}^-\} - 2[\text{SO}_4^{2-}] - [\text{Br}^-] - \dots$$

と表すことにしますと、

$$[\text{H}^+] + [\text{AL}] = [\text{OH}^-] + [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}] \quad \dots (1)$$

と表せます。

また、二酸化炭素に関わる物質に係る質量保存の法則は

$$[\text{CO}_2\text{T}] = [\text{CO}_2\text{Aq}] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}] \quad \dots (2)$$

となります。ここで、 $[\text{CO}_2\text{T}]$ は海水に溶けている全二酸化炭素濃度、 $[\text{CO}_2\text{Aq}]$ は水和二酸化炭素濃度、 $[\text{HCO}_3^-]$ は炭酸水素イオン濃度、 $[\text{CO}_3^{2-}]$ は炭酸イオン濃度を表しています。

更に、水中の二酸化炭素関連物質の濃度の間には化学平衡が存在して、

$$[\text{CO}_2\text{Aq}] = [\text{HCO}_3^-] (\frac{[\text{H}^+]}{K_1}) \quad \dots (3)$$

$$[\text{CO}_3^{2-}] = [\text{HCO}_3^-] (K_2 / [\text{H}^+]) \quad \dots (4)$$

が成立します。

(1)～(4)式を用いると、 $[\text{CO}_2\text{T}]$ と $[\text{AL}]$ を条件として与え、僅かな近似をすると、 $[\text{CO}_2\text{Aq}]$ 、 $[\text{H}^+]$ を簡単に求めることができます。

$$[\text{H}^+] = K_1 \{D^{1/2} + (1-\beta)\} / 2\beta \quad \dots (5)$$

$$[\text{CO}_2\text{Aq}] = [\text{CO}_2\text{T}] \{D^{1/2} + (1-\gamma^2)(1-\beta) - \gamma^2\} / 2(1-\gamma^2) \quad \dots (6)$$

但し、 $\beta = [\text{AL}] / [\text{CO}_2\text{T}]$ 、 $\gamma^2 = 4K_2 / K_1$ 、 $D^{1/2} (= \sqrt{D}) = \{(1-\gamma^2)(1-\beta)^2 + \gamma^2\}^{1/2}$ です。なお、 γ^2 は海水中では、およそ 4×10^{-3} の値となります。

それでは問答形式で第 I 部の議論を進めます。

Q1：海水から炭酸カルシウムを除去すると、海水中の全二酸化炭素や炭酸水素イオンは減っているのにどうして、大気中の二酸化炭素と平衡になる水和二酸化炭素が増えるのであろうか？

A1：それは、水和二酸化炭素濃度を決定している（3）式で、水素イオン濃度も変化し、その方向が増大する方向だからです。炭酸イオンを除去すると炭酸イオン種間の平衡が崩れます。これを補償するため、炭酸水素イオンが解離して炭酸イオンになるとともに水素イオンが放出されます。この結果、水素イオン濃度が高くなり、炭酸水素イオンが水素イオンと結合して水和二酸化炭素となって水和二酸化炭素濃度が増加することになります。

炭酸カルシウム1モルが除去されると、海水の電気的中性を保つためには、炭酸イオンが-2価であるのでアルカリ度が2当量（カルシウムイオン1モル分）減少することが必要になります。従って、初期濃度 $[CO_2T]_0$, $[AL]_0$ の海水1リットルから8モルの炭酸イオンが除去されたとすると、

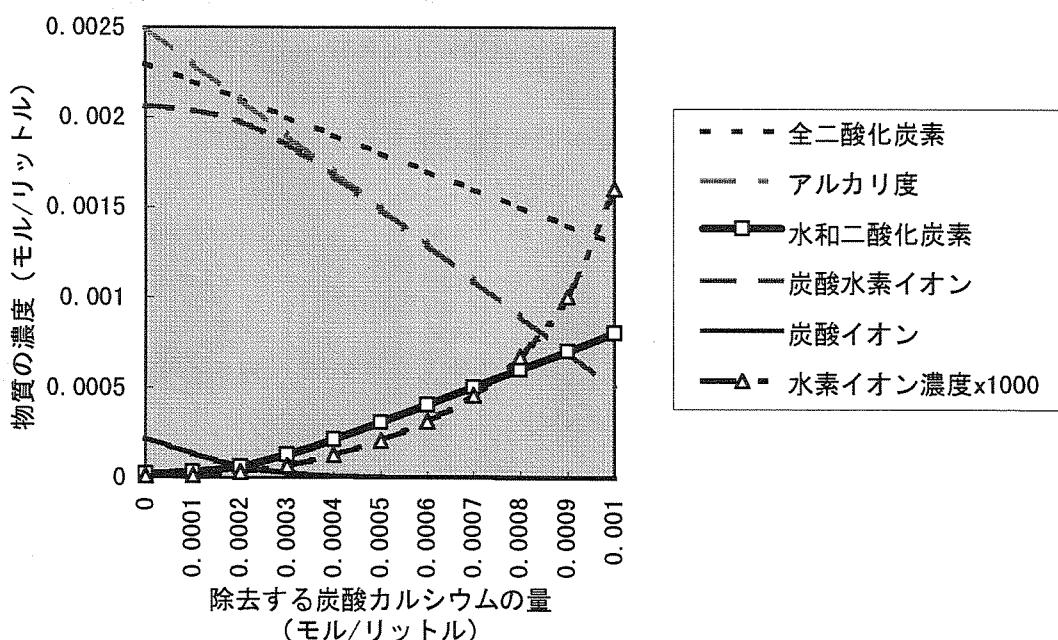
$$[AL]=[AL]_0 - 2\delta \quad \cdots (7)$$

$$[CO_2T]=[CO_2T]_0 - \delta \quad \cdots (8)$$

が成立します。現実の海水を想定した初期条件から、炭酸カルシウムを除去したときの水和二酸化炭素濃度を、（6）式に（7）、（8）式を代入して計算した結果を図-1に示します。

図-1 海水中から二酸化炭素を炭酸カルシウム(CaCO₃)として除去した場合

初期条件：全二酸化炭素 2.3ミリモル/リットル
アルカリ度 2.5ミリ当量/リットル



炭酸カルシウムの除去過程を、ちょっと別の見方で説明してみましょう。先程と同様に、初期濃度 $[CO_2T]_0$, $[AL]_0$ の海水1リットルから炭酸カルシウム8モルを除去する場合

を考えることにしますと、次の式(I)、(II)及び(III)は、(7)及び(8)式を満足します。また、 Δ を(IV)式のように決めると、 δ 及び Δ が微少量であれば(6)式をも満足することは、計算してみれば確認されます。

$$[\text{CO}_2\text{Aq}] = [\text{CO}_2\text{Aq}]_0 + \Delta/2 \quad \cdots \text{(I)}$$

$$[\text{HCO}_3^-] = [\text{HCO}_3^-]_0 - \Delta \quad \cdots \text{(II)}$$

$$[\text{CO}_3^{2-}] = \{[\text{CO}_3^{2-}]_0 - \delta\} + \Delta/2 \quad \cdots \text{(III)}$$

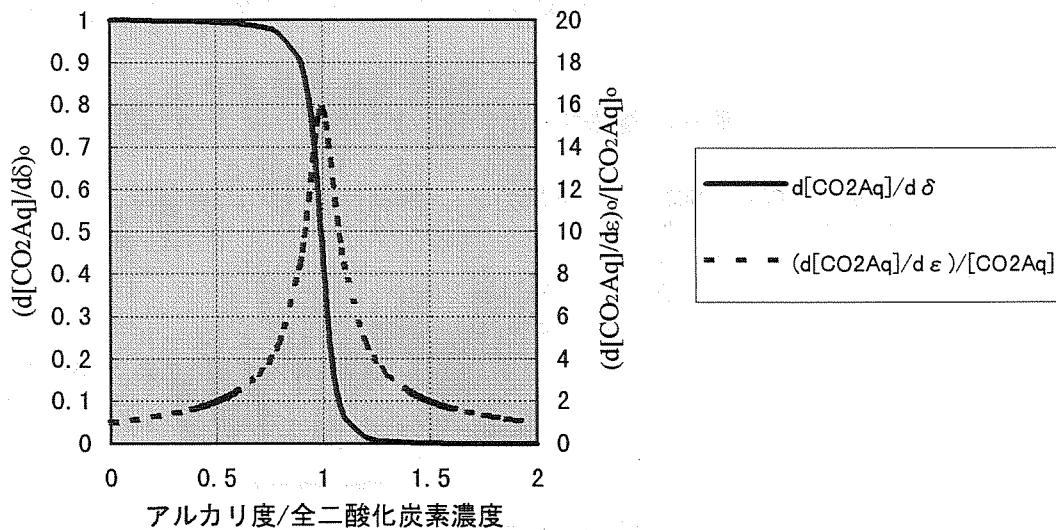
$$\Delta = \delta \{ D_o^{1/2} + (1-\gamma^2)(1-\beta_o) - \gamma^2 \} / (1-\gamma^2) D_o^{1/2} \quad \cdots \text{(IV)}$$

但し、添え字の (o) は初期値を表します。

式の意味は、「炭酸イオンが δ モル除去されると、炭酸水素イオンと炭酸イオンの平衡を維持するために、炭酸水素イオン Δ モルが、反応 $2\text{HCO}_3^- \rightarrow \text{CO}_2\text{Aq} + \text{CO}_3^{2-}$ 、によって、水和二酸化炭素と炭酸イオン各々 $\Delta/2$ モルに変化した。」と解釈できます。その時の変化量 Δ は、アルカリ度と全二酸化炭素の濃度比 β と除去量 δ によって(IV)式で表されます。結果としては、(I)式で示される通り水和二酸化炭素は常に増加することとなります。

Q 2 : 現実の海水のようにアルカリ度が全二酸化炭素濃度より大きい、つまり β が1より大きい時には、炭酸カルシウムを除去しても、初期増加量を表す(9)式に示されるように、増加する水和二酸化炭素濃度は極僅かだから、地球温暖化問題とは関係ないのでないか？

図-2 海水中から CaCO_3 を除去したときに増加する水和二酸化炭素の除去量に対する増加率
($d[\text{CO}_2\text{Aq}]/d\delta$) $_o$ 及び($d[\text{CO}_2\text{Aq}]/d\varepsilon$) $_o$ /[CO_2Aq] $_o$



A 2 : 確かに、実際の海水では β が1より大きいので図-2(実線、左軸)に示されるように、水和二酸化炭素の増加量を絶対量で評価すると、僅かな増加しか示しません。しかし、地球温暖化で問題となる大気中の二酸化炭素の濃度に与える影響を考える上では、大気と平衡にある水和二酸化炭素濃度の変化を評価することが必要です。つまり、絶対値としてではなく増加する割合が重要です。なぜなら、大気と平衡にある水和二酸

化炭素濃度が1割増加すれば、大気中の二酸化炭素濃度も1割増加することになるからです。

この観点からは、(10)式を評価する必要があります。この式は、海水中の全二酸化炭素のある割合を除去したときに、増加する水和二酸化炭素の濃度増加率(初期濃度に対する割合)を表しています。これも、図-2(点線、右軸)に併せて示してあります。

さて、現実の海水では β は1よりも少し大きく、多くの海域で1.1位と思われますが、ここから炭酸カルシウムを除去すると、 β は減少し1に近づくことになります。これは、(10)式から判るとおり、増加割合が大きくなる向きであり、炭酸カルシウムを除去すると、より水和二酸化炭素が増加し易くなることを意味します。

$$(d[CO_2Aq]/d\delta)_o = \{D_o^{1/2} + (1-\gamma^2)(1-\beta_o)-\gamma^2\}/2(1-\gamma^2)D_o^{1/2} \quad \cdots (9)$$

$$(d[CO_2Aq]/d\epsilon)_o/[CO_2Aq]_o = D_o^{1/2} \quad \cdots (10)$$

但し、(10)式では、除去する炭酸カルシウムの量を、 $\delta=\epsilon[CO_2T]_o$ としています。

Q 3 : 海水から、炭酸イオンを除去するのではなくて、炭酸水素イオンや水和二酸化炭素を除去するとどうなるのか？

A 3 : 炭酸水素イオンは-1価なので、これを1モル除去すると、陽イオンも1当量減らさなくてはなりません。これは、アルカリ度を1当量減少させることになります。つまり、炭酸水素イオンを δ モル除去することは、 $[CO_2T]=[CO_2T]_o-\delta$, $[AL]=[AL]_o-\delta$ と表現できます。一方、水和二酸化炭素については、電気的に中性なのでこれを除去しても、アルカリ度は変化しません。つまり、水和二酸化炭素 δ モルを除去することは、 $[CO_2T]=[CO_2T]_o-\delta$, $[AL]=[AL]_o$ と表すことができます。

これらの式を、(6)式に代入して計算した結果を、炭酸イオンを除去する場合も含めて図-3に示します。

図-3 除去する化学種による比較

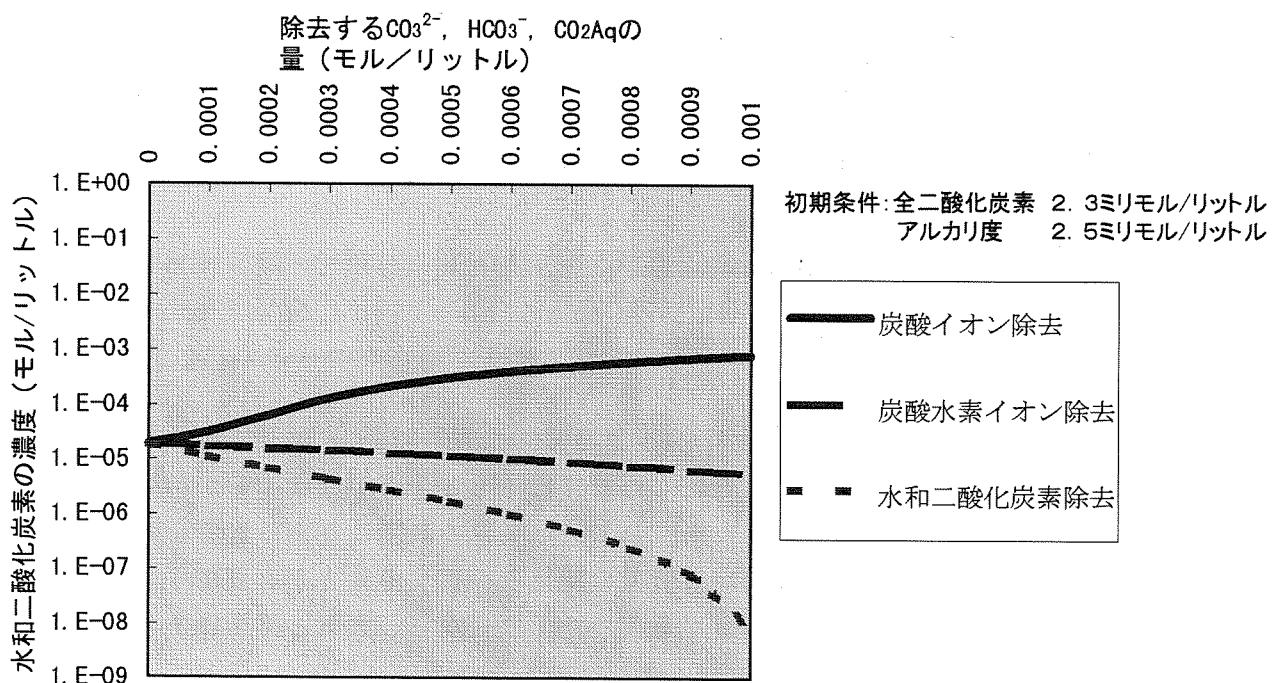


図-3から判ることは、海水から炭酸系の物質を除去するときに、どのような化学形態で除去するかによって、大気中の二酸化炭素濃度に正の影響も負の影響も与え得るということです。今回問題にした、炭酸カルシウムとして除去する場合は、二酸化炭素は海水から大気へと移動する可能性が高くなり、一方、植物プランクトンによる光合成のように二酸化炭素として除去する場合には、大気から海洋に向かう可能性が高くなるのです。炭酸水素イオンとして除去する場合は、僅かに大気から海洋に向かう方向ですが、その大きさは小さいことも図-3から読みとれます。

除去しようとしている炭酸系物質だけをみていたのでは、全体として何が起きるのかが解らなくなってしまいます。炭酸系の物質と一緒に除去される物質に注目する必要があります。カルシウムイオンを炭酸イオンと共に除去することは、アルカリ性の基となる物質（塩基と呼ぶ）を除去することになり、炭酸系イオンのような酸の基になる陰イオンが、海水中に溶けこめる量を減少させることにつながるのです。これは、何もカルシウムイオンに限らず、マグネシウムやストロンチウムイオンなどのカルシウムと同じ仲間（アルカリ土類金属）の2価の陽イオンでも同様であり、更にナトリウムやカリウムなどのアルカリ金属の1価の陽イオンを除去しても同じことです。

海水中での炭酸系のイオンの挙動を決定している要因としては、海水1リットル中に10ミリモル（20ミリ当量）溶けているカルシウムや460ミリモルも溶けているナトリウム、また、540ミリモルも溶けている塩素などの個々のイオンの濃度ではなくて、陽イオンと陰イオンの濃度の差、高々2ミリ当量程度しかないアルカリ度が重要な役割を担っているのです。ここでも、自然が微妙なバランスの上に成り立っていますが明らかになります。

これまで、隔離された海水から炭酸カルシウムが除去される場合について検討しましたが、次回以降は、相手となるカルシウムイオンにも、もう少し注目をして検討を行うことを予定しています。

何となく納得：へー、そうか。

同じ二酸化炭素がらみのイオンや分子を海水から除去するにしても、どのように除去するかで、空気中に二酸化炭素を放出する能力が増えたり減ったりするんですね。面白いですね。

化学なんて、お蔵に入ったような知識を暗記することばかり多くて大変だと思っていたけれど、化学としては簡単な原則だけで、「『地球温暖化問題』に関する海水中の二酸化炭素の挙動」などという今日的な問題についても、随分色々なことを教えてくれるんですね。

気候変動に関する政府間パネル（IPCC） 第12回全体会合

環境専門調査員 福渡 潔

IPCCの第12回全体会合が、1996年9月11日から13日まで、メキシコシティーにおいて開催された。この会合は、昨年12月（ローマ）の第二次評価報告書採択後初めての全体会合であり、インベントリー・ガイドラインの改定の承認、テクニカル・ペーパーの内容決定、新議長の選出、今後のIPCC活動計画の審議などがなされた。本会議には、ボリンIPCC議長、各作業部会議長、代表執筆者をはじめ、111カ国、4国連機関、5国際機関、9NGO機関の代表など総計231人の出席があった。日本からは石海通商産業省審議官、塚本通商産業省参与、竹本環境庁地球環境部調査官、西岡国立環境研究所統括研究官、時岡気象庁気象情報課長ほか4人が出席した。

1. インベントリー・ガイドライン（国別温室効果ガス排出目録）の改訂作業

国別温室効果ガス排出目録作成に関するIPCCガイドラインは、気候変動枠組条約（FCCC）における温室効果ガスの国別報告書の基礎となるものであり、全体会合に先立ち開催された第一作業部会会合においても、さらに、本全体会合においても審議され承認された。ただし、伐採された木材（Harvested wood module）に関し、木材の輸出入の取り扱いのうち木材の輸出分について生産国と消費国のどちらが責任を負うかという問題が議論された。この問題は、政治的な意味合いが強く、IPCCのマンデートに含まれないとして、FCCC（気候変動枠組条約）へ預けられた。

2. テクニカル・ペーパー（技術報告書）について

ローマの第11回全体会合において、IPCCは、UNFCCC（国際連合気候変動枠組条約）／SBSTA（科学上及び技術上の助言に関する補助機関）／AGBM（ベルリンマンデートアドホックグループ）からの要請に応えて、既に承認済みのIPCC第二次評価報告書を基本に各種のテーマについてテクニカルペーパーを作成する方針を打ち出した。今回、ロシア、サウジアラビア及び一部の石油石炭産業等のNGOより、第二次評価報告書に基づくということは第二次評価報告書の文面以外を用いてはならないのではないか、レビュープロセスが全体会合を経ないということは政府のチェックが十分に行われない懸念があるのではないか、という主旨の擬議が出された。政府・専門家の同時評価についても、政治と科学との独立性の面から見直すべきでないかとの意見も出された。

最終的にテクニカル・ペーパーについて次のとおり合意された。

- ①テクニカル・ペーパーは、IPCC第二次評価報告書や第二次評価報告書に準拠した資料及びモデルとその前提を用いて作られるものを原則とする。
- ②「簡易気候モデル」、「大気中温室効果ガスの安定化」、「技術、政策と措置」についてはテクニカル・ペーパーとして承認し、「地域気候影響評価」については1998年ごろ特別報告として出す。また、「排出規制の環

境影響」については政治的意味合いが強いことから、内容を更にSBSTAに譲ってからテクニカル・ペーパーとする。

3. 新議長の選出について

全体会合においてボリン議長より、次期IPCC議長候補選考委員会（Search Committee）が9月9日開催され、その結果、ワトソン氏（アメリカ合衆国、現在IPCC第二作業部会の共同議長）が唯一の候補として選考された旨、全体会合で報告があった。カナダ、ドイツ、ブラジル、オーストラリア、アメリカ合衆国の研究者がリストアップされたが、前二者は本人が拒否し、次の二者はそれぞれの政府が正式に指名しなかった。その結果、アメリカ合衆国からの候補者ワトソン氏のみが残ったという説明があった。

これを踏まえ、各地域Group会合において各国との意見交換が行われ、最終日に全体会合にて選考委員会提案が満場一致で採択された。

採択に当たって、米国から、ワトソン氏には「米国国籍を有するものの、米国のために働くのではなく、「世界市民」として働くことを希望する」旨表明があった。また、ジンバブエ及びナイジェリアから支持の演説があった。

次期議長（次回全体会合より議長に就任する予定である。）に選出されたワトソン氏は、受諾にあたり今後の所信を表明し、主に次の点を強調した。

- ①IPCCにおける信頼関係、透明性、柔軟性を保持する
- ②途上国・経済移行国の専門家の参加を確保する
- ③気候変動の地域的特性（科学及び技術の適応）を重視する

なお、ボリン議長は、次回全体会合までに引継ぎを円滑に行うため、議長として留まり、ワトソン氏と協力し、特に第3次評価報告書作成のための体制作りを進めることになった。

ワトソン次期議長（Robert T. Watson）の経歴

(現職)	世界銀行環境部上席科学顧問
(経歴)	米国大統領府科学技術政策環境担当補佐官、米国NASAの地球惑星ミッション局科学課長、プロセス計画室長等を歴任 1995年には国連環境計画オゾン層保護賞を受賞
(専門分野)	
1969年にクイーンメリーランド大学（米国）を卒業、1973年に同大学で博士号（気相化学反応学）を取得。 最近の主な仕事は、環境分野の国内及び国際的な調査研究計画の立案・調整、科学的アセスメントの国際的な調整、科学的な知見と政策形成との連携、国際的な合意形成のための交渉等。 NASAにおいては、オゾン層問題の重大性を早くから指摘し、国際的なオゾン層保護対策の基礎を作り、「オゾンマン」と呼ばれた。また、1993年より国連環境計画生物多様性評価やIPCC第二作業部会等の議長を務めている。地球環境問題全般にわたって精力的に科学的知見の政策反映を指導している。	

4. 今後のIPCC活動計画について

全体会合にて各作業部会議長より1997-199

9年の活動計画について報告がなされた。同期間中の活動は、最終的には2000年に作成予定

の第3次評価報告書に貢献するものであるが、同時にSBSTA及びAGBM/COP（締約国会議）/FCCCからの要請に応えることを当面の最優先課題と位置づけ、1996年後半から1997年にかけ前述のテクニカル・ペーパー及び特別報告の作成、並びに、重要な問題についてワークショップを開催することが盛り込まれた。

各国から自国の活動計画案についてそのプライオリティーについて報告があり、それに対して意見交換がなされた。途上国からは、地域影響評価及び適応策に重点を置くべきとの意見が出された。一方、先進国からは排出シナリオ、緩和技術、サプライジング（予期せぬ影響）に重点を置くべきとの意見が出された。また、米国は二酸化炭素以外の温室効果ガスについての対応策を検討する事、また、オゾン・トレンド・パネルやICAO（国際民間航空機関）と協力して航空機排ガスについて検討する事の重要性を強調した。

小グループに別れてテーマ別に今後の活動が議論され、その報告に基づき以下の活動が承認された。

- 1) 特別報告の作成
 - ①航空機による全球的大気への影響について
 - ②排出シナリオについて
 - ③地域気候影響について
- 2) 1997年に開催予定のワークショップ
 - ①影響評価のための地域気候変化予測（イギリス）
 - ②適応策（カナダ）
 - ③付属書Iの行動による諸国の経済影響
 - ④統合評価モデル（日本）
- 3) その他の活動
 - ①危険なレベルに関する科学的知見
 - ②統合評価モデル研究者の養成（START(地球規模変動に関する解析、研究、訓練のためのシステム)と共同）
 - ③抑制・適応等のコスト評価ガイドライン
 - ④不確実性下の決定におけるリスク評価
 - ⑤燃料サイクル排出評価
- 4) 1998年に予定される活動として
 - ①統合評価モデルワークショップ（オランダ）
 - ②急速な非線形気候変化ワークショップ（オランダ・アメリカ合衆国）
 - ③炭素サイクルにおける海洋とサンゴ礁の役割

統合評価モデル（Integrated Assessment Models）ワークショップの概要	
日時	1997年3月10日（月）～12日（水）
場所	国連大学本部（東京都渋谷区）
主催及び後援	IPCC、日本政府、カナダ政府、国連大学、スタンフォード・エネルギー・フォーラム、他
参加者	IPCC事務局、各国政府関係者、統合評価モデル研究者等（150名程度）
会議の目的	これまでの統合評価モデルの結果をレビューし、モデル研究者、政策担当者の間のコミュニケーションの緊密化を図るとともに、特にアジア太平洋地域の研究者との統合評価モデルの改善のための共同研究を促進する。
主な議題	<ul style="list-style-type: none"> ・統合評価モデルの現状の科学的なレビュー ・統合評価モデルの今後の方針について ・アジア地域におけるネットワークの構築について

また、日本が昨年のIPCC第11回全体会合（ローマ）において提案した「IPCC統合評価モデルワークショップ（東京、1997年3月10日～12日）」の開催を推進するため、統合評価モデルワークショップ・ステアリング会議（IPCC統合評価モデルワークショップ小会合）が9月12日に韓国リード博士（第三作業部会共

同議長）を議長として持たれた。本小会合には、ボリンIPCC議長、ブルースIPCC第三作業部会共同議長をはじめ、先進国、経済移行国、途上国より18名が出席し、日本のワークショップ開催の提案に対し好意的態度を示した。その結果、全体会合においても日本でワークショップを開催することが承認された。

国際研究機関情報シリーズ No.2

CIESIN

機関名：国際地球科学情報ネットワークコンソーシアム

英語名：Consortium for International Earth Science Information Network

CIESINは、1989年に設立された非政府組織で、ネットワークを活用した情報提供システムを構築し、情報源情報や社会経済データの提供を行っています。インターネットホームページのアドレスは、<http://www.ciesin.org/> です。

情報源情報

環境と人間の相互影響、地球環境変化、持続的発展に関する情報源情報として、「CIESIN Gateway」と呼ばれる分散型メタデータベースが構築されています。まず、CIESINのホームページにアクセスして、「CIESIN Gateway」のページに進みます。そのページ上でキーワードを入力してデータ・情報を検索することができます。

社会経済データ

CIESINホームページから「Data Holdings」のページに移ります。例えば、「China Data Collection」の中の「DC_China」(Digital Chart of China)などのデータを、FTPでとることができます。

(観測第2係 中井真司)

公開研究発表会のお知らせ

地球環境研究総合推進費 F-1 野生生物集団の絶滅プロセスに関する研究

日時：1997年1月22日（水） 13:00～17:00
23日（木） 9:00～12:30

場所：国立環境研究所中会議室

問い合わせ先：国立環境研究所地球環境研究グループ

野生生物保全研究チーム

椿 宜高

TEL: 0298-50-2482

FAX: 0298-50-2493

E-mail: tsubaki@nies.go.jp

地球環境研究センター活動報告（10月）

- 1996.10. 1 大坪上席研究官と一ノ瀬研究員がLU/GEC中国ケループ分科会に出席（東京）
4 安岡総括研究管理官がアジア自然データベースの打合せに出席（東京）
大坪上席研究官がLU/GEC東南アジアモニタリングループ分科会に出席（東京）
藤沼研究管理官が地球環境研究センターセミナーとして「わが国における温室効果ガスモニタリング」を開催（つくば）
4～7 一ノ瀬研究員が日本地理学会秋季学術大会講演に出席（岐阜）
5～11 神沢研究管理官がILAS検証気球キャリブレーション計画会議に出席（ハーリ）
7 安岡総括研究管理官がリモートセンシング学会理事会に出席（東京）
7～8 宮崎研究管理官が計測自動制御学会、リモートセンシングシンポジウムに出席（東京）
藤沼研究管理官が農業気象学会関東支部・東北支部合同大会において対流圏モニタリングデータ評価支援システムについて発表（郡山）
9～15 大坪上席研究官がLUCC Core Office開所記念会合に出席（バルセロナ）
13～18 一ノ瀬研究員がCIESINパートナーシップフォーラム（グローバル情報インフラストラクチャについて）に出席（カタマリカ）
15 官房総務課長視察（つくば）
17 安岡総括研究管理官がJICAにおいて「環境モニタリング」について研修（つくば）
21 安岡総括研究管理官がADEOS主査会議に出席（東京）
一ノ瀬研究員が環境共生型地域づくりWGに出席（東京）
22 大坪上席研究官がBAHC/LUCC Joint International Symposium実行委員会に出席（東京）
外山係員が環境庁においてGIS勉強会（第1回）に出席（東京）
23～25 安岡総括研究管理官が全国地公研研究会にパネリストとして出席（札幌）

- 1996.10.24 神沢研究管理官が地球電磁気・地球惑星圏学会に出席（東京）
- 25 神沢研究管理官が第24回ADEOS地上部分に関する環境庁/NASDA打合せに出席（埼玉）
- 28 大坪上席研究管理官がLU/GEC中国モデルグループ分科会に出席（東京）
- 外山係員が環境庁においてGIS勉強会（第2回）に出席（東京）
- 26～11/1 落石岬ステーション秋期定期整備
- 29 安岡総括研究管理官がADEOSサイエンスプログラムミーティングに出席（東京）
- 一ノ瀬研究員が所沢市まちづくり基本方針策定委員会に出席（東京）
- 30 UNEP環境情報・評価部門のJames McKenna氏が地球環境研究センターを訪問（つくば）
- 30～31 一ノ瀬研究員が土木学会環境システム研究論文発表会において講演（東京）

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.	タイトル
A001-'91	地球環境研究センター年報
A002-'93	地球環境研究センター年報 Vol.2 (1991年10月～1993年3月)
A003-'94	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)
A004-'95	地球環境研究センター年報 Vol.4 (平成6年度)
D001-'92	GRID-TSUKUBA (パンフレット)
D003-'94	温暖化の影響評価研究文献インベントリー (日本編)
D004-'94	GRID全球データセットユーザーズガイド
D005-'94	GRID GLOBAL DATA SETS: DOCUMENTATION SUMMARIES
D006-'94	GRID DATA BOOK
D007(CD)-'95	Collected Data of High Temporal-Spatial Resolution Marine Biogeochemical Monitoring by Japan-Korea Ferry (June 1991- February 1993)
D008-'95	GRID-TSUKUBA (パンフレット)
D009-'96	DATA BOOK OF SEA-LEVEL RISE
M004-'94	MONITORING REPORT ON GLOBAL ENVIRONMENT -1994-
I001-'92	GLOBAL WARMING AND ECONOMIC GROWTH
I009-'93	The Potential Effects of Climate Change in Japan
I010-'94	CGER'S SUPERCOMPUTER ACTIVITY REPORT 1992 Vol.1
I012-'94	Climate Change: Policy Instruments and their Implications (IPCC Working Group III)
I013-'94	Estimation of Carbon Dioxide Flux from Tropical Deforestation
I014-'94	PROCEEDINGS OF THE TSUKUBA OZONE WORKSHOP
I015-'94	IPCC Technical Guidelines for Assessing Climate Change Impacts and Adaptations
I016-'94	CGER'S SUPERCOMPUTER ACTIVITY REPORT Vol.2-1993
I018-'95	PROCEEDINGS OF THE TSUKUBA GLOBAL CARBON CYCLE WORKSHOP -GLOBAL ENVIRONMENTAL TSUKUBA '95-
I019-'96	GLOBAL WARMING, CARBON LIMITATION AND ECONOMIC DEVELOPMENT
I020-'95	CGER'S SUPERCOMPUTER ACTIVITY REPORT VOL.3 - 1994
I021-'96	CGER'S SUPERCOMPUTER MONOGRAPH REPORT VOL.1 (TURBULENCE STRUCTURE AND CO ₂ TRANSFER AT THE AIR-SEA INTERFACE AND TURBULENT DIFFUSION IN THERMALTY-STRATIFIED FLOWS)
I022-'96	CGER'S SUPERCOMPUTER MONOGRAPH REPORT VOL.2 (A TRANSIENT CO ₂ EXPERIMENT WITH THE MRI CGCM -ANNUAL MEAN RESPONSE-)
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6年度研究成果報告集（中間報告書）（I）
Global Environment Research of Japan in 1994
Global Environment Research of Japan (Final Reports for Projects Completed in 1994)

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9年1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 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、再生紙を利用しています。