

平成 12 年度環境科学研究科プロジェクト報告

1. 日本における湿地の特徴と保全・有効利用

(代表) 田瀬則雄 (地球科学系)

松本栄次 (地球科学系)

中村 徹 (農林学系)

塩沢 昌 (農林工学系)

吉野邦彦 (社会工学系)

はじめに

日本では、湿地(wetland) 湿原という認識が強く、尾瀬や渡り鳥の中継・繁殖地として関心が高いが、全体に広義の湿地への関心は薄い。最近では干潟などの保全機能にも注目が集まってきているが、谷地や水田まで含めて総合的な視点からの湿地への取り組みはない。

本プロジェクトは、まず日本において湿地とはなにか、その分類と特徴(水文、地形、土壌、植生など)を分析・整理し、現状を把握することからはじめ、保全と有効利用(浄化機能の活用)などを環境科学的に検討することを目的としている。初年度は、基礎的な調査として既存文献の収集をもとに、日本における湿地の分類に関する検討、福島県赤井谷地における水収支、つくば市の台地縁辺部での浄化機能の評価、奥日光戦場ヶ原における湿原の乾燥化に関する予備調査などを行った。

湿地の分類に関する調査

湿地の分類は、アメリカ、カナダ、ヨーロッパなどにおいて行われている。これらについては、Mitsch and Gosselink(2000)のWetlands(3rd Edition)に詳細に紹介されている。地域的な特徴が現れているが、アメリカの野生生物保護局の区分は系統的で広く採用されていると言える。世界的な視点では、ラムサール条約による分類があるが、これは条約の趣旨である水鳥の生息地という観点からなされたものと考えられる。

日本における分類、あるいはタイプ分けは、IWRB(国際水禽湿地調査局)日本委員会が、1989年に「日本湿地目録」を作成した際に、「アジア湿地目録」に準じて湿地のタイプを22に分類している。また、環境庁(1993)の自然環境保全基礎調査の「湿地調査」で採用されているウェットランドのタイプ区分は17である(表1)。国土地理院の「全国湖沼湿地の分布図」(1994)の分類は環境庁に準拠しているようである。これらは、立地条件あるいは景観的・生態学的に分類したと想定され、必ずしも水文学的、土壌学的、あるいは地形学的に検討されていないように考えられる。なお、角野・遊磨(1995)は水の塩分濃度と水位条件によるウェットランドの分類を提案している。

図1は、湿地と関係する水体(海、湖沼、河川、地下水)の相互関係と給水源となる降水を中心として、いくつかのタイプの湿地の位置を示したものである。ここでの湿地のタイプについては、現在の所厳密な定義として分類しているものでなく、立地条件、景観、生態などから一般に湿地と呼ばれているものを取り上げているので、今後、検討する予定である。

赤井谷地高層湿原における地下水位変動特性

高層湿原は、泥炭が厚く堆積し、表層をミズゴケで覆われた独特の自然環境を形成しており、その保全は重要な課題である。これまでの研究によれば、湿原の地下水位は地表から0~20cmの範囲に保たれ、湿原の表層15~20cmのミズゴケ層は極めて透水性が高く、湿原内を流れる水の大部分がこの表層を流れるとされている。本研究では、福島県猪苗代湖に隣接する赤井谷地高層湿原を調査対象地として、湿原内の地下水位、降雨、日射量等を連続測定し、個々の降雨に反応した地下水位の動的な実態を明らかにした。

赤井谷地は、福島県猪苗代湖の西約1kmに位置する高層湿原である。その面積は約43.6haで、南北に約

800m，東西に約500mの楕円形をしており，湿原北西部を頂点とするドーム状になっている．湿原の植物群落にはホロムイイチゴが見られ，天然記念物となっている．

表1 環境庁自然環境保全基礎調査における分類

自然	内陸	湿原 高層湿原 中層湿原 低層湿原	
		湧水湿原	
		雪田草原	
		沼沢地	
		河畔	
		湿地林	
		淡水湖沼	
		海岸	塩性湿地
	マングローブ林		
	河口域 河口干潟有 河口干潟無		
	汽水湖沼 潟湖干潟有 潟湖干潟無		
	人工		休耕田・放棄水田
			水田
		廃塩田	
湿性牧野			
ため池			
その他	その他		

5mm以上の降雨について，1時間降雨ごとに地下水位上昇量を時間雨量で割って単位雨量あたりの水位上昇量を求め，これと地表面からの地下水位との関係を見た．地下水位が地表から10cmより深いとき，「地下水位上昇量/雨量」は3～6であり，水平流出はほとんどなく，雨量がそのまま地下水位を上昇させると考えられる．この時の比湧出量（貯留量変化/地下水位変化）は0.2～0.3である．一方，地下水位が10cmより浅くなると，水平方向の流出が増加し，地下水位の上昇は抑えられると考えられる．

地下水位が10cm以下で降雨のない時の地下水位の低下量は，日射量と相関が高く，主に蒸発散によるものと考えられる．夏の晴れた日の地下水位低下量は1.0～1.5cm/dで，比湧出量を考えて蒸発散量を求めると0.3～0.45cm/dであり，その蒸発潜熱は日射量の30～50%である．

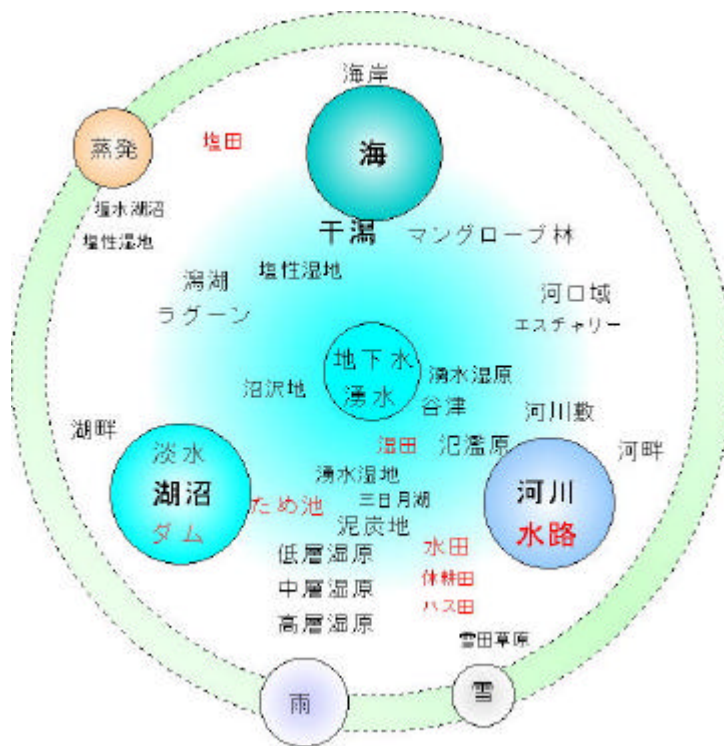


図1 水体の相互関係からみた湿地タイプ (田瀬原図)

台地-谷地境界域における浄化機能

湿地，とくに干潟やヨシ原などでの浄化能が注目を集めている．硝酸性窒素については，土地利用連鎖とか地形連鎖と呼ばれる台地部の畑地の窒素が谷地や低地の水田で浄化されることが以前から認められている．しかし，ここでの浄化プロセスについては必ずしも明らかになっておらず，窒素により汚染された台地の地下水が水田に湧出・流入してから水田で浄化されるのか，あるいは最近指摘されてきているように水田に流入する前にすでにある程度浄化されているのかは明らかにされていない．どこで，どのようなプロセス(基本的には脱窒で，還元的であり，炭素源が存在し，脱窒菌が働くという条件である)が，どのような条件(水文地質条件，土地利用条件)下で起こっているかは明確にする必要がある．このような観点からつくば市において観測を行っている．

現在までに得られている結果では，浄化は湿地(谷地)へ流入する前の台地末端斜面で主に生じているが，浄化域の有無，位置は多様であることが判明している．

戦場ヶ原における乾燥化

奥日光の戦場ヶ原は高層湿原をはじめ各種の湿原が存在する．近年，太郎山などの崩壊に伴う土砂流出による乾燥化，森林の侵入が顕在化してきている．また鹿の増加による被害も深刻化しており，湿地の保全が大きな問題となっている．

本研究では，土壌水分と植生分布を観測することにより，乾燥化の実態を明らかにすることを目的としている．初年度は調査許可などの関係で，資料の収集のみとなったが，2年目はTDR式土壌水分計による高密度観測，空中写真(1947年，1990年，2000年)による乾燥化地域の解析を予定している．なお，2001年5月17日に行った表層土壌水分の予備観測では，湿地内の残丘である糠塚の尾根部で40%程度，湛水していない湿地で94%，森林が侵入している乾燥化地域で40～60%と明瞭な対照を示していた．

おわりに

本プロジェクトは開始したばかりであり，成果は今後徐々に公表できると考えている．また，本プロジェクトおよび2002年より始まる広領域プロジェクト「湿地の環境」のホームページを試験的に公開した．今後充実する予定であるのでご覧いただければ幸いです．

学会発表など

田瀬則雄・井岡聖一郎・平田健正(2000)：硝酸性窒素により汚染された地下水をどう処理するか - 自然浄化は可能か - ，第7回地下水・土壌汚染とその防止に関する研究集会，87-90.

仁田 亨・藤原英樹・塩沢 昌・河野英一(2000)：赤井谷地高層湿原における降雨と地下水位変化．平成12年度農業土木学会大会講演会 講演要旨集，p.328.

Ioka, S., Tase, N., and Toyama, K. (2001): Relationship between the nitrate attenuation zone and groundwater flow in a typical hillslope-wetland plot in Japan. IAHS Publication No.269.

引用文献

角野康郎・遊磨正秀(1995)：「ウェットランドの自然(エコロジーガイド)」保育社，198p.

環境庁自然保護局(1993)：「第4回自然環境保全基礎調査湖沼調査報告書」

国土地理院地理調査部(1994)：「全国湖沼湿地の分布図」

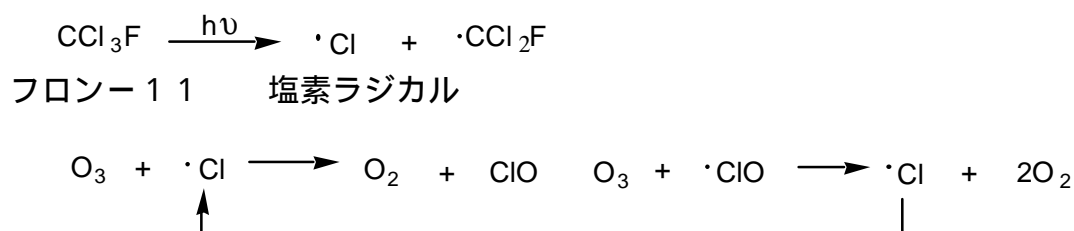
W. J. Mitsch and J. G. Gosselink(2000): *Wetland Hydrology* Third Edition. Wiley, 920p.

2. 有機ハロゲン化合物の光・ラジカル反応の研究

(代表) 西尾 建彦 (化学系)

関 李紀 (化学系)

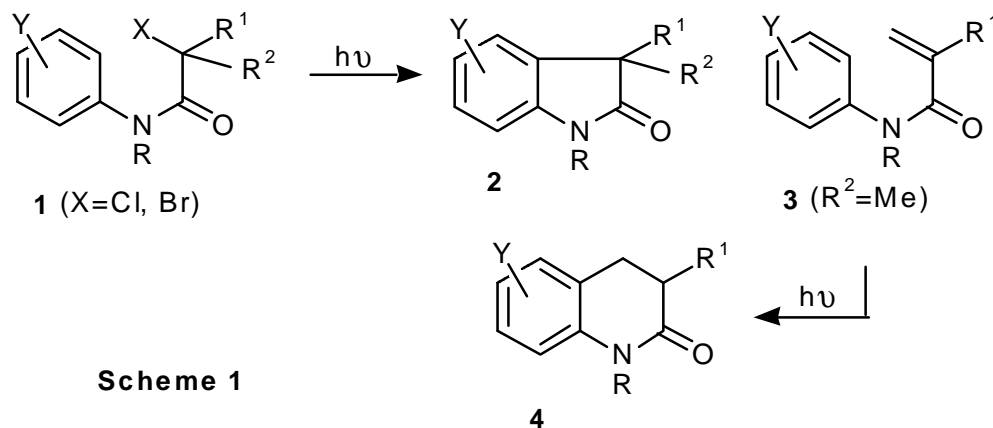
環境化学物質と云われる物質の種類は極めて多く、それらの中にはハロゲン族元素の1つである塩素、あるいは硫黄原子を含んだ数多くの有機塩素化合物、硫黄化合物が存在する。特に有機塩素化合物は最初から自然界に存在するものは少なく、ほとんどはフロンガスや農薬など人工的に合成されたものである。また有機塩素化合物にはダイオキシンのように非意図的に生産されたものもある。一般に有機塩素化合物は難分解性で環境中での残留性は極めて高い。しかしながらフロンガスなどは光反応によって容易に炭素—塩素結合が開裂して、活性な塩素ラジカルを生成する。オゾン層の破壊のメカニズムの1つに下式に示すようにこのようにして生成した塩素ラジカルによって引き起こされるラジカル連鎖反応が考えられている。本研究では自然環境中での有機ハロゲン化合物の化学的挙動を調べるため有機ハロゲン化合物として α -ハロアシルアニリド化合物を取り上げそれらの光化学反応およびラジカル反応の検討した。



α -ハロアシルアニリド化合物の光化学反応¹⁾

アニリン誘導体と酸ハロゲン化物より合成される α -ハロアシルアニリド 1 をアセトニトリルまたはアセトニトリル—水溶液中で照射すると N-上の置換基(R)によって異なるが脱ハロゲン化水素によって生成すると考えられるオキシインドール 2, N-アリルアクリロイルアニリド 3, ジヒドロキノリン 4 が得られた。化合物 4 は 3 をさらに照射すると得られる(Scheme 1)。種々の実験結果からオキシインドール 2 の生成はアリル位からハロアミド位への電子移動を伴う炭素—ハロゲン結合の開裂で生じるカチオンラジカルを通して環化する機構で、一方、化合物 3 の生成は照射によって炭素—ハロゲン結合がホモリテックに開裂して生じるラジカルを経る脱ハロゲン化水素機構で説明される。

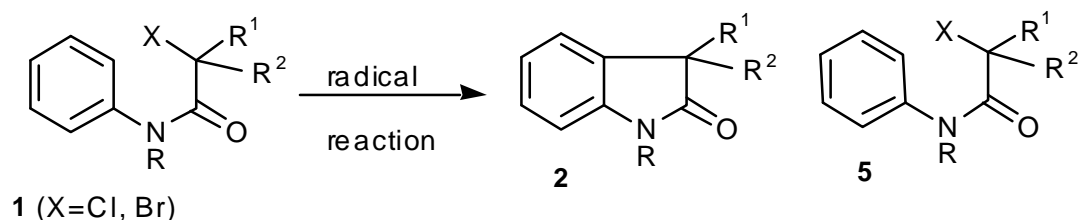
α -ハロアシルアニリド化合物のラジカル反応



Scheme 1

有機ハロゲン化合物は光反応と同様に過酸化剤、金属などラジカル開始剤が環境中に存在するとそれらとの反応により炭素—ハロゲン結合が開裂しラジカルが生成して様々な物質へと変化することが予想

される．そこで光反応に用いた α -ハロアシルアニリド化合物 1 のラジカル反応を検討した．ラジカル開始剤としてよく知られているアゾビスイソブチロニトリル(AIBN)，ニッケル粉末(Ni powder)，トリエチルホウ素(Et₃B)を用いた．反応機構はそれぞれ異なるがいずれのラジカル開始剤の場合も α -ハロアシルアニリド化合物と反応させると脱ハロゲン化水素による環化生成物オキシインドール 2 と還元生成物 5 が得られた(Scheme2)．以上の結果から有機ハロゲン化合物は光，ラジカル反応により炭素—ハロゲン結合が開裂し，種々の物質に変化する．したがって，環境中でハロゲンを含む有機化合物は容易にラジカル反応を起こすことが示唆される．



Scheme 2

- 1) T. Nishio, H. Asai, T. Miyazaki (2000) Photochemical Reactions of N-(2-Halogenoalkanoyl) Derivatives of Anilines, *Helv. Chim. Acta*, 83, 1475-1483

3. バイオテクノロジーに対する一般の反応と，生命倫理に対するイメージ

(代表) MACER, Darryl (生物科学系)

CHALOBON K. (環境科学研究科 学生)

蘇 保棋 (環境科学研究科 学生)

1. Introduction

The use of biotechnology is very important for the future of modern society, at least equal to what it has been in the past ten thousand years. Bioethics, or biological ethics, looks at ethical decisions we make concerned with life, and in simple terms it could be called love of life. Bioethics is both a word and a concept. The word comes to us only from 1970, yet the concept comes from human heritage thousands of years old. It is the concept of love, balancing benefits and risks of choices and decisions. This heritage can be seen in all cultures, religions, and in ancient writings from around the world.

There are three ways to think of the term bioethics, one is as descriptive bioethics - the way people view life and their moral interactions and responsibilities with living organisms in life. It would ask what is common sense? Another is as discourse or interactive bioethics, the debate over the principles of bioethics and between persons of different views or with different interests. It includes relationships between different organisms. The other is prescriptive bioethics - to tell others what is good or bad, what principles are most important; or to say something/someone has rights and therefore others have duties to them.

This research grant contributed to a process of cross-cultural reflection on bioethics concepts related to biotechnology. In particular comparisons between Thailand, China, Japan and Western countries are being made over selected issues in biotechnology, human genetics, and how these relate to the images people have of life and nature.

2. Results

The grant was used to help gather materials on the subject of Chinese genetics and bioethics, to translate comments from Thai language into English from the International Bioethics Survey conducted by Macer in 1993, and to make comparisons to a survey conducted by Chalobon K. in Thailand in 2000. Given that bioethics has much older roots, which we can trace in religions and cultural patterns that may share some universal ideals, it is important to also seek out the opinions of ordinary people. That is why public opinion survey data is useful to add voices to the global debate.

Since the 1980s China has been in transition and has undergone rapid social and economic change and development. The research includes gathering information on Chinese bioethics from international and Chinese literature and making comparisons. This includes issues like the Chinese eugenics debate, sterilization and marriage laws, maternal and fetal health, the one child family policy.

Thailand is a strongly Buddhist country, with rising living standards and a rapidly developing economy. It is therefore of particular interest to see how attitudes bioethical dilemmas have changed over the 1990s. This research compares the results of a survey in year 2000 with those of the International Bioethics Survey conducted by Macer and Srinives in 1993 in Thailand. Genetic engineering sees a drop of 30% in the perceived benefits in the 2000 sample, from 77% to 46%, with only 20% saying they have no worries. The reason for the worry was investigated in the open question, and it was for ethical concerns, or interfering with nature, rather than for personal health concerns. The results of questions on specific applications reveal that there has been a halving of the support for gene transfer from plant to plant, and even greater drop in support for animal to plant transfer.

3. Conclusions

The papers related to this research are still to be finished, but two introductory papers were presented at the Sixth Tsukuba International Bioethics Roundtable (TRT6) in the year 2000. Comments on the research were received from some of the 46 foreign and 59 Japanese researchers attending the conference. These comments will be useful for the research, and emphasized the importance of speaking to a broad variety of persons to seek opinions. The research project is ongoing and results will be published internationally when complete. The interviews attempt to develop interactive bioethics among persons in many cultures and specialties so that they can contribute to mobilize Asian of Bioethics debate in their own countries and universities.

Conference papers:

Baoqi Su & Darryl Macer, Some Issues of Eugenics and Healthy Babies in China, *Bioethics, Health and the Environment: Sixth Tsukuba International Bioethics Roundtable*, 27-29 October, 2000.

Chalobon Kachonpadungkitti & Darryl Macer, Thai attitudes to Bioethics 1993-2000, *Bioethics, Health and the Environment: Sixth Tsukuba International Bioethics Roundtable*, 27-29 October, 2000.

4. 屋久島の原生林土壌における微生物群集と炭素動態の解明

(代表) 鞠子 茂 (生物科学系)

野村暢彦 (応用生物化学系)

はじめに

1993年に世界遺産に指定された鹿児島県の屋久島は、標高2000mに及ぶ特異な山岳地形をもつ海洋島である。多くの固有動植物も確認されており、生態系は一つの島としては他に類を見ないほど豊かであるが、現在、環境の改変が急速に進んでいる。

一般に土壌と植生は、物理的、生物的な働きを介して深く関わっている。屋久島には、標高別に亜熱帯性海岸林、照葉樹林、巨大な針葉樹林などの原生林が存在するが、これらの原生林は花崗岩が風化して作られた薄い土壌の上に成立している。土壌は屋久島の森林生態系や自然環境を考える上で重要なファクターであるが、その研究はまだ不十分な状況であり、微生物群集や炭素動態機能の面から、屋久島の土壌がどんなものであるのかを明らかにする必要がある。

陸上生態系には大気中(750Pg)のおよそ3倍の炭素があり、植物体に550Pg、土壌中に1500Pgの炭素が蓄積されている。とくに土壌中の炭素は栄養塩と水分の保持と深く関わっているため、豊かな植生は豊かな土壌有機物によって支えられている。一方、二酸化炭素をはじめとする大気中の温室効果ガスの増加に伴う地球温暖化の問題は微生物の働きによる土壌のガス動態機能が大きな影響を与えている。そのことから、自然生態系における温室効果ガスの大気-土壌間フラックスの解明が重要な課題となっている。

環境中には様々な微生物が存在しているが、その生態系を解析するために従来行われている方法には限界がある。そこで、これらの問題点を克服する一つの方法として分子生物学的手法を利用した微生物生態系の解析が近年広まっている。なかでもPCR法によって増幅された16S rDNAの塩基配列による微生物分類法が広く認められている。16S rDNAはすべての原核生物に存在し、その配列に種間で保存性の高い部分と、変異の高い部分の両方を含んでいるため、個々の種の識別に使うことができる。また、塩基配列により種の同定が行えるデータベースが整っていることからもよく利用される。

本研究では、屋久島の土壌と微生物との関わりを明らかにすることを目的として、大気-土壌間ガスフラックスの解明、PCR法によって増幅された微生物の16S rDNAを変性剤濃度勾配ゲル電気泳動法(Denaturing gradient gel electrophoresis: DGGE)によって解析し、屋久島の土壌における微生物生態系を解明する。

結果

1. 大気-土壌間ガスフラックス

島の東部から中心部に向かって、海岸近くの海岸林、標高400m前後にある照葉樹林、標高1300mにあるスギ・モミ林(2000年8月)、島の西部の照葉樹林(2001年4月)に調査地を設定した。各調査林内に10m×10mの調査枠を設置した。各枠内に5地点(2001年以降は9地点)においてCO₂とCH₄フラックスを密閉法により測定する。同時に、土壌環境(温度・水分)と炭素量を測定する。また、データロガーにより、土壌温度環境を長期連続測定する。以上の測定を2000年8月、2001年1月(冬)・4月(春)に行った。

土壌温度(5cm)は標高が上がるにつれて低下し、8月1月の平均で海岸林とスギ・モミ林で7℃異なった。リター量の季節変化は、スギ・モミ林で見られなかったが、照葉樹林では1月に8月の2倍増加した。また、照葉樹林では、スギ・モミ林より、8月のリターが低かったが、逆に、1月では1.6倍となった。土壌有機物量、土壌炭素含有率は、総じて、1月の方が低くなった。ただし、照葉樹林は高くなった。

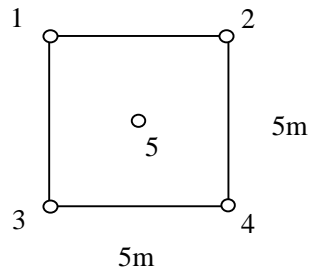
8月のCO₂フラックスは、標高による温度差にも関わらず、スギ・モミ林でわずかに高くなった。土壌水分の違いがその原因の一つと思われた。1月のCO₂フラックスは、8月に比べ50%以下ではあるが、海岸林が最も高く、次いでスギ・モミ林、照葉樹林となった。

8月のCH₄フラックスは、スギ・モミ林で海岸林の2倍近い値を示したが、1月にはわずかに海岸林の方が高くなった(照葉樹林では海岸林の半分であった)。1月のCO₂フラックスは、海岸林のみで日変化が見られたが、逆にCH₄フラックスではスギ・モミ林、照葉樹林で日変化が見られた。これらの変化は温度に依存しているように思われる。

2. 屋久島の土壌からの total DNA 抽出

屋久島から採取してきた土壌を、下記のように A1 5, B1 5, C1 5 と分類し、それぞれについて、DNA 抽出 kit (Fast DNA SPIN Sample Kit for Soil, Bio101 社製) を用いて total DNA を抽出した。

- A: 標高 1290m 針葉樹林
- B: 標高 700m 照葉樹林
- C: 標高 20m 亜熱帯性海岸林



抽出後、標高ごとに 1 5 を混合しそれぞれ Amix, Bmix, Cmix とした。

A B C



Fig.1
屋久島土壌の total DNA
電気泳動写真

3. total DNA の direct PCR

抽出した DNA を下記の条件で PCR を行い、16S rDNA を増幅した。(Fig.2)
鋳型 DNA は、A1 5, B1 5, C1 5, Amix, Bmix, Cmix を用いた。

PCR 反応液組成	
D.W.	4.8 μ l
$\times 10$ PCR buffer	1 μ l
$\times 10$ dNTP mix	1 μ l
$\times 10$ Mg	1 μ l
Primer (GC-357F)	0.5 μ l
Primer (907R)	0.5 μ l
LA Taq	0.2 μ l

反応条件		
熱変性	95	30 秒
アニーリング	55	30 秒
伸長反応	72	1 分
	4	

} 25cycle

使用した Primer

GC-357F	5'	GC clamp	CCTACGGGAGGCAGCAG	3'
907R	5'		CCGTCAATTCCTTTGAGTTT	3'
GC clamp	5'		CGCCCGCCGCGCCCGCGCCCGTCCCGCCGCCCGCCCG	3'



Fig.2
PCR 産物の電気泳動写真

まとめ

大気 - 土壌間ガスフラックスに関しては、CO₂ フラックスの季節変化は標高により異なり（植生の違い）、それは主として土壌水分によって影響を受けること、CO₂ フラックスの日変化は、温度によって主として依存していること、CH₄ フラックスも標高により異なる。その季節変化を見ると冬の方が高い傾向があることが明らかとなった。

A1 5, B1 5, C1 5 すべてについて、土壌からの total DNA 抽出および、direct PCR が成功した。PCR に関しては、total DNA を電気泳動し、一部をゲル抽出したものを PCR する、という精製過程を経ることなく行えた。土壌中の微生物生態系の全体を解明することが本研究の目的であるので、精製することで生じるロスがなく、PCR を行えるのは重要である。

Fig.1 で A, B, C を比較したときに、B の濃度が高かったが、この結果は、吸光度測定の結果とも一致している。一般的に針葉樹林帯、照葉樹林帯、亜熱帯性海岸林の植生を比べると、照葉樹林帯がもっとも多様な植生を持っていることが知られており、今回の結果は、植生と微生物群集との間に関わりがあることを示唆していると考えられる。

バイオマスの指標について新たに DNA を用いることの技術構築の成功は、今後、土壌・水圏等でのより詳細な解析を可能にしたと言える。

5. 環境の価値の測定と評価に関する方法論の開発と適用：
霞ヶ浦流域，東京湾，尾瀬等におけるケース・スタディ
- 平成 11 年度 12 年度調査研究報告 -

(代表) 安田 八十五 (社会工学系)
濱 健夫 (生物科学系)
吉野 邦彦 (社会工学系)
川邊 みどり (社会工学系)

まえがき

この調査研究報告は，水辺環境に関する経済的価値を評価・測定するための方法論を開発し，それを実際に霞ヶ浦流域，東京湾，尾瀬等で適用しようと試みた調査研究の報告書である。

筆者らは，約 10 年前の平成 3 年度 4 年度 (1991 1993) の 2 カ年に渡って，財団法人河川環境管理財団の河川整備基金助成事業による助成研究として霞ヶ浦の経済的価値の評価・測定を試みたことがある。その研究成果は，「親水型水域環境整備の政策評価分析」というタイトルで河川環境管理財団の調査研究報告書としてまとめられた。その一部は，環境科学学会誌 (1994)，日本マクロエンジニアリング学会誌 (1996) に査読付き学術論文として掲載された。また，平成 7 年 (1995) に霞ヶ浦流域の筑波大学・土浦市で開催された第 6 回世界湖沼会議：霞ヶ浦 '95 において英語及び日本語で発表され，日本経済新聞等に記事が掲載され大きな反響を呼んだことがある。この当時は，環境の経済的価値に関する方法論も未だ確立されておらず，今思えば稚拙な方法論を用いて霞ヶ浦の経済的価値の評価・測定に挑戦したものである。最近，この分野における方法論の発展は目覚しく，仮想的市場評価法 (Contingent Valuation Method, CVM) を始めとして，環境の経済的価値に関する評価・測定の方法論の進展は顕著なものがある。

その後，霞ヶ浦流域を対象とする環境価値評価の研究が，幸い，平成 11 年度の筑波大学大学院環境科学研究科プロジェクト (霞ヶ浦プロジェクト研究) 及び河川環境管理財団の平成 11 年度 12 年度の助成研究を受けることができた。本研究は，これらの研究成果を踏まえて，対象地域を東京湾，さらに尾瀬にまで広げて事例研究を増やし，その中で環境価値評価の方法論の開発を深化させようという試みである。

1. 序論

人類の歴史上，自然環境の保全が今ほど求められている時代は無いといっても言い過ぎではない。地球温暖化問題等の地球規模の環境破壊問題からダイオキシン問題等の身近なごみリサイクル問題に至るまで，環境汚染問題は地球全体に広がっている。環境破壊を防止し，さらに環境改善を行うためには，環境の価値が適正に評価されなければならない。そこで，本プロジェクト研究においては，主たる研究対象地域に霞ヶ浦流域，尾瀬及び東京湾を選び，環境の価値，ことに経済的価値を測定し，評価するための基礎的方法論を開発し，適用することを主たる研究目的とする。

2. 研究の背景

今日安全な飲料水の確保が極めて困難になってきている。茨城県において県南の水がめである霞ヶ浦の汚染状況は切迫した問題であるといえる。昨今の霞ヶ浦の汚染は一時期 COD 値が 10mg を超えていた頃と比較して落ち着いたと言われてはいるが依然 8mg を超える値となっている。水を飲むという行為が人間にとって必要不可欠なことは言うまでもない。我々は，今まで水というものが日常生活にあまりにも強く密接していたがため，水の正確な価値というものを理解していないと思われる。水と空気は“ただ”であるという認識はもはや通用しない状況である。現に，昨今のミネラルウォーターの爆発的な売れ行きは一昔前では考えられない出来事であるといえよう。

このことは何も飲料水に限ったことではない。以前はレクリエーション地として活用されていた霞ヶ浦ではあるが，いまやそのような姿は見るともいえない。もちろん今でもヨットなどのレクリエーションに使われてはいるが，水浴びをする子供などは見ることはできない。我々と水の直接的な関係が徐々に失われてきているのである。これら霞ヶ浦の汚染の要因に真っ先に考えられるのが常陸川逆水門の閉鎖である。我々はこの点に注意を置いて以下の研究に取り組もうと考える。

3. 研究の目的

上記の問題に対し，今回我々が提案するのは水質の正確な価値の測定である。水は“ただ”ではなく価値ある資源であるということの人々に提言することは非常に重要ではないかと考える。飲料水確保の

ために整備事業を行うにしても、逆に開発から環境を保護するためにもその対象であるものの価値が判らないと、誤った判断を下してしまうことになる。これらのことから、仮想的市場評価法(CVM)、旅行費用法(TCM) という手法を利用することにより霞ヶ浦の水質価値およびレクリエーション価値を測定したいと考えている。

4. 研究計画の概要

本研究の主たる目的は、水質価値およびレクリエーション価値を測定することである。但し、市場では取り引きされない非市場財である水という自然資源を取り扱うことに考慮をおかななければならない。そのため、それを測る手法もそれにあったものを選択する。その手法としてCVM、TCMを使う。

CVMはContingent Valuation Methodの略であり日本語では仮想市場評価法と呼ばれる方法である。具体的には公益的機能を取り引きする仮想市場を創設し、その市場において財に対する受益者のWTP(Willingness to pay: 支払意志額)やWTA(Willingness to accept compensation: 受取意志額)をアンケート調査等により直接的に調査することによって評価を行う方法である。

また、TCMはTravel Cost Methodの略であり日本語では旅行費用法と呼ばれている方法である。具体的にはその土地に向かう(主にレクリエーション地が対象とされている)のにかかった費用からその土地の価値を測定する方法である。これもやはりアンケート等の形式によりそこに来ている人からデータを仕入れる形式をとることになる。

2つの手法を使うことの意味はCVMにしるTCMにしるまだまだ発展段階の手法であり問題点もいくつか指摘されている。それを補いあい、より正確に実施するために行おうと考えている。もちろんそれにより完全に問題点が除去されるわけではないが、現時点ではその方法が一番正確ではないかと考えられる。

CVMにより逆水門が閉鎖されてからとそれ以前におけるWTAの測定を行おうと考える。従来WTPによる事前評価を行った研究はかなりあるが、WTAによる事後評価はほとんどと言っていいほど行われていない。我々はそれに取り組んでみようと思う。またTCMにより現在の霞ヶ浦のレクリエーション価値を測定する。既存研究としてかつては住民にたいする直接的な意思を聞き出すCVM手法をとっていたが、現在のCVMは一段とバイアスを取り除く手法が開発され、算術的な平均を出す手法から、統計的な値を割り出すことへと進展し、なおかつ既存研究では対象を水道水のみ絞られていたが、基金を仮定した場合におきかえてさらに住民にとってのレクリエーション価値なども含まれた総合的に見た霞ヶ浦の価値を導き出してみようと思つてみる。

この2つの手法は共にアンケートに頼る手法であるので、それ相応のサンプル数が必要となってくる。現段階で考えているのは現地周辺で直接聞き取りする方法と、その地域に関連してはいるが少し離れた地域住民に郵送でアンケートをお願いする方法を採る。サンプル数は霞ヶ浦周辺人口が70万人であるので、その5%(35,000)を有効回答とすることを目標とする。これはどういうことかということ、アンケートにおける抵抗回答を予期した依頼アンケート数が必要となってくるということである。

以上の手法を用いて、霞ヶ浦の水質の経済的価値を測定する。現段階で考えているのはまず価値の測定を行うことではあるが、その後、その価値を用いて霞ヶ浦に関する開発事業の社会的費用便益分析を行おうと考えている。今後飲料水の確保などにおいて開発事業の必要性は高まってくるがその事業を評価することも同時に必要不可欠となってくるであろう。

5. 既存研究の展望と本研究の特徴

昨今、環境問題に対する市民意識が高まるにつれて今まで当たり前のように供給されていた水に対する見方も自然と変わってきた。日本において“水と空気はただ”という考え方はもはや通用しない。これは飲料水に限ったことではない。水の汚染による影響は我々の生活に深く入り込んできており、水の汚染に関して我々は他人事ではいられなくなってきたのである。

ではどのような行動を取ればよいのか。これに関してはいくつもの意見が存在するだろうが、我々は水の正確な価値を測定することを目的として行いたい。水という自然資源が貨幣ベースでどれほどの価値があるものなのかを考え、今後の開発などにおいて費用便益分析を行うときの参考にする。上記の調査研究においてはCVM、TCMという手法を利用して考えていく。この2つの手法は昨今環境問題を論じるときによく使用されている手法である。

我々はこの手法を利用して、汚染の著しい霞ヶ浦の水質価値およびレクリエーション価値を測定する。以前(財)河川環境管理財団において研究助成金を頂き研究を行った(1991年-1993年)が、この時はCVMの手法がまだ確立しておらず今から見るとバイアス等の問題点が存在する。このことから最近統計的手法を用いて行われている2段階2項評価方式を使用したいと考えている。この方式によりバイアスは大きく軽減されるであろう。また、我々の独自性としては、従来はWTPを求める事前評価が多々行われてきたが、我々はWTAを求める事後評価を行う。この結果として、逆水門を閉じたことによる評価が可能と

なるであろう。またTCMにより、レクリエーション価値を測定する。これも以前の研究で行ってはいないが、手法の発展および時代の変化により以前とは違った数値が出ることは自明であり比較、分析を行ってみる。

6. 結論と課題

6.1. 結論

平成11年度・12年度の調査研究で得られた結論を要約すると下記ようになる。

本調査研究は、霞ヶ浦を対象として2つの視点から取り組んだ。一つは、CVMを用いた霞ヶ浦の環境価値を測定した。アンケート調査結果より、湖北流域全体の支払意欲額(WTP)は、990,000,000円/年、霞ヶ浦流域全体のWTPは、3,060,000,000円/年、茨城県全体のWTPは、9,576,000,000円/年である。WTPを決定するのは、年収と世帯人数でありそれぞれ高いほう多いほうがWTPの値が高いといえる。

さらに、水質改善を前提とした、霞ヶ浦に対する対策費としては現在の投入費に加え、湖北流域部では10億円/年、霞ヶ浦流域部では31億円/年、茨城県全体では96億円/年の財政投入余地があることがわかった。以上を受けて、本調査における結果は今後の霞ヶ浦浄化対策における一つの指標となりうる。

次に、従来の環境価値測定法の欠点を指摘し、それを補う手法の開発に取り組み、それをを用いて霞ヶ浦のリクリエーション価値の測定を行った。これにより、従来の手法の欠点があり、今後はRPデータとSPデータを結合させた環境財測定を行うことが望まれる。この手法を用いることにより、より正確性を持つ環境財価値の評価と測定が可能となる。その他、東京湾及び尾瀬においても事例研究を行い、多くの研究成果を得たが、紙数の制約のため、それらは別の機会に報告したい。

6.2. 今後の課題

自然環境財である霞ヶ浦等の水環境の価値を測ることが本報告書の中心議題である。それに対して、現在最も多く利用されている方法であるCVMを用いてまず霞ヶ浦の「飲用価値」を測定した。次に、その最も利用されているCVMにも欠点はあるとして、それを補う新しい手法の開発に取り組んだ。成果は前節の通りだが、付け加えて、これらの取り組みは霞ヶ浦を対象としてだけでなく、他の自然環境にも今後応用されていくべき成果を残したといえる。自然環境の破壊は現在大きな問題である。本報告書は社会工学的なアプローチにより自然環境の尊さを考えていった。本報告が今後自然環境保全問題を考える上での一つのきっかけとなっていくことを期待する。

謝辞：

研究科プロジェクト研究に関連する研究として(財)河川環境管理財団から、河川整備基金助成事業による調査研究を受け、ことに環境の経済的価値の評価と測定に関する研究を平行して進め、報告書にまとめた。

プロジェクト研究には、各教官の指導する学生等が多数参加した。ことに社会工学系安田研究室の環境評価プロジェクトメンバーおよび関東学院大学大学院環境経済学ゼミ(安田ゼミ)メンバーは、修士論文・卒業論文等に取り組み、また調査研究報告書の作成に参加、協力してくれた。さらに、環境評価研究プロジェクトメンバーの協力を得た。これらのメンバー諸氏の参加・協力に深く感謝する。

- * 筑波大学社会工学系安田研究室環境評価プロジェクトメンバー：安田八十五・沼田和敏・荒井康子・渡辺昌明・磯部真弓・樫山英和・勝田由佳子・兼光里香・高野友康・鈴木豊信・竹平政男・関祐秀 他
- * 関東学院大学大学院環境経済学ゼミ(安田ゼミ)メンバー：安田八十五・鳴海正泰・川村久幸・大川貴美江・岡本久美子・大竹恵美子・西沢千明・仁羽誠司 他
- * 環境評価研究プロジェクトメンバー：安田八十五(筑波大)・濱健夫(筑波大)・吉野邦彦(筑波大)・栗山浩一(早稲田大)・竹内憲司(明治大・現在は神戸大)

主要参考文献：

1. 学術論文

- 1) 安田八十五・渡辺健(1980):流域下水道事業の費用負担に関する研究, 地域学研究,10,103 - 118.
- 2) 安田八十五(1984):資源・環境開発事業の公平な費用配分, 日本経済政策学会年報, 32, 96 - 101.
- 3) 舟木賢徳・安田八十五(1994): 生産高変化法による開発プロジェクトの事後評価 - 霞ヶ浦常陸川逆水門の事例研究 -, 環境科学会誌, 7(3):203 - 223.
- 4) 明石達郎・安田八十五(1994):リスク - 便益分析による環境政策の評価と測定 - 高度浄水処理事業の事例研究 -, 日本リスク研究学会誌, 6(1):96 - 104.

- 5) 安田八十五・明石達郎(1995):小型合併処理浄化槽整備に関する公共政策の評価, 浄化槽研究(日本環境整備教育センター), 7(1):35 - 43.
- 6) 安田八十五・舟木賢徳(1995):霞ヶ浦の水質改善政策の経済的評価 - An Economic Evaluation of the Value of Improving the Water Quality in Lake Kasumigaura -, 第6回世界湖沼会議霞ヶ浦'95, 1305 - 1308.
- 7) Kentoku Hunaki, Yasoi Yasuda (1995):Ideas Behind an Ex Post Evaluation for Development Projects Using the Changes in Productivity Approach on a Lake -A Case Study on the Hitachi River Flood Gate Project on Lake Kasumigaura -, 第6回世界湖沼会議霞ヶ浦 '95, 1807-1810.
- 8) 安田八十五・舟木賢徳(1996):霞ヶ浦の水質改善政策の経済的評価 - 琵琶湖との比較研究にもとづいて -, MACRO REVIEW, 8(2):81-91.
- 9) 安田八十五・濱健夫・吉野邦彦・川邊みどり(2000):霞ヶ浦の価値の測定と評価に関する方法論の開発と適用, 環境科学研究科年報, 23, 62-66.
- 10)沼田和敏・安田八十五・古屋秀樹・岡本直久(2000):RP データと SP データの補完性を用いた環境財評価の妥当性の分析 - 霞ヶ浦の環境価値評価に関する事例研究 -, 環境経済・政策学会 2000 大会報告要旨集,
- 11)安田八十五・勝田由佳子(2001):仮想的市場評価法による尾瀬における自然環境の経済的価値の評価, 筑波大学社会工学系 Discussion Paper Series No.903,
- 12)安田八十五・鳴海正泰・川村久幸(2001):東京湾の盤洲干潟における環境の経済的価値の評価と測定, 環境経済・政策学会 2001 大会報告要旨集

2. 調査研究報告書

- 1) 安田 八十五編著(1993):親水型水域環境整備の政策評価分析, 河川整備基金助成事業調査研究報告書, (財)河川環境管理財団
- 2) 安田 八十五編著(1994):小型合併処理浄化槽整備の最適化政策に関する研究, (財)日本環境整備教育センター
- 3) 安田 八十五編著(1997):水環境政策論:水環境管理に関する公共政策の総合評価の研究, 環境政策学研究:特別研究報告書, No.1997 - 12, 筑波大学社会工学系安田研究室調査研究報告書
- 4) 安田八十五編著(2000):霞ヶ浦の価値はいくらか - 霞ヶ浦の経済的価値の評価と測定に関する方法論開発と適用 -, 環境政策学研究:特別研究報告書, No.2000 - 2, (財)河川環境管理財団, 河川整備基金助成事業調査研究報告書, 助成番号 11 - 1 - - 1号
- 5) 安田八十五編著(2001):霞ヶ浦の価値はいくらか? - 霞ヶ浦の経済的価値の評価と測定に関する方法論開発と適用 -, 環境政策学研究:特別研究報告書, No.2001 - 6, (財)河川環境管理財団, 河川整備基金助成事業調査研究報告書, 助成番号 12 - 1 - - 1号
- 6) 安田八十五編著(2001):水環境の経済的価値に関する評価と測定の方法論の開発と適用:霞ヶ浦, 尾瀬, 東京湾等における事例研究, 環境政策学研究:特別研究報告書, No.2001 - 6, (財)河川環境管理財団, 河川整備基金助成事業調査研究報告書, 助成番号 12 - 1 - - 10号