

# Humic Substances Research

Vol. 1 No.1 (2004)

## 目 次

---

巻頭言：腐植物質研究誌刊行の意義	宮島 徹	2
日本腐植物質学会に至る経緯と今後の課題	石渡 良志	3
論 文		
和文題名・概要		9
1. Effects of Humic Acid on the Light-Induced Degradation of Chlorophenols		11
Takamitsu Shibata, Masami Fukushima, Motoki Terashima, and Shunitz Tanaka		
2. Chemical characterization of Japanese Humic Substances Society standard soil humic and fulvic acids by spectroscopic and degradative analyses		18
Akira Watanabe, Nagamitsu Maie, Alan Hepburn, Donald B. McPhail, Tomonori Abe, Kosuke Ikeya, Yasuyuki Ishida, and Hajime Ohtani		
3. Production and Several Properties of Humic Acids during Decomposition Process of Charred Plant Materials in the Presence of H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>		29
Haruo Shindo, Natsuko Ushijima, Syuntaro Hiradate, Nobuhide Fujitake, and Hiromi Honma		
第19回講演会報告		38
第20回講演会報告		38
標準試料頒布		41
投稿規定		42
会員名簿		44
入会の案内・入会申込書		55
学会規約・学会組織・活動状況等		58

## 日本腐植物質学会に至る経緯と今後の課題

石渡良志<sup>1</sup>

### 1. はじめに

腐植物質は土壌中に存在する特有で重要な物質として古くから研究されてきた。わが国では第二次世界大戦後に、熊田恭一らによって土壌腐植物質の本格的な研究がはじめられ、研究の進展には熊田恭一ら名古屋大グループの貢献は大きい（熊田, 1981, 1987; 筒木, 熊田, 1980）。

筆者は1961年頃から地球化学からの興味から水中、湖や海洋堆積物中の腐植物質の研究を行ってきた。地球化学の分野では腐植物質の研究は重要な位置を占めている。地球表層部の有機炭素の大部分は腐植物質であると言っても過言ではなく、地球上の炭素や無機物の物質循環において重要な役割を果たしてきた。筆者らの研究は、熊田恭一、鯨塚昭三らの土壌腐植物質の研究成果に教えられながら歩んできた。

本稿では、日本腐植物質研究会、日本腐植物質学会および International Humic Substances Society (IHSS)（「国際腐植物質学会」：命名は鯨塚による（鯨塚私信））の設立に至る経緯を記述する。本来、これらの経緯については鯨塚昭三日本腐植物質研究会初代会長が記述されるのが最もふさわしいのであるが筆者が記述することとなった。記述にあたっては初期の部分は鯨塚 (2000)、MacCarthy (2002) および他の資料にあたった。さらに草稿を鯨塚先生に読んでいただき、先生からの訂正箇所のご指摘および多くの貴重なコメントをいただいた。コメントの一部は「鯨塚私信」として紹介する。なお本稿の記述にあたっては敬称を省略させていただいた。

### 2. 腐植物質研究会の発足から 日本腐植物質学会まで

本会の前身は「日本腐植物質研究会」である。従来、

農学部の土壌学と理学部の地球化学の分野で全く独立して個別に研究されていた腐植物質に関する科学を共通の場で議論したらどうかの思いから鯨塚と石渡が相談して「腐植物質研究会」（のちに「日本腐植物質研究会」と改称：後出）を創設することとなった。鯨塚・石渡により、関係する研究者に呼び掛け、1984年4月5日に東京都立大学理学部で最初の会合が行われた。研究会の世話人としては鯨塚昭三（代表）と石渡良志が選ばれた。「腐植物質研究会」の創設には1983年8月に米国コロラド州 Estes Park で開催された第1回の腐植物質の国際会議（後述）も影響を与えたと思われる。

筆者の手許には第2回研究会の記念写真が残されている。それには熊田恭一先生、鯨塚昭三初代会長をはじめとして、篠塚則子（東大）さん（残念なことにその後他界された）など合計18名の研究者の顔ぶれが見られる。研究会への参加者は20名たらずであったようである。第1回および第2回研究会に行われた講演題目と講演者を紹介する（資料1による）。

第1回研究会：

本間清一：グルコースとグリシンのモデル系褐色反応により生ずる着色物質メラノイジンの等電点電気泳動

加藤博道：アミノ化合物と還元糖による非酵素的褐変反応

篠塚則子：フミン物質の界面化学的、電気化学的研究および溶液的性質

山本修一：熱分解ガスクロマトグラフィーによる堆積高分子有機物の特徴づけ

早瀬光司：海洋腐植物質の表面活性とけい光

山岡到保：瀬戸内海汚染海域の有機物分析と変化過程

松井義雄：土壌腐植酸の芳香環組成と構造に関する研究

麻生末雄：イネ幼植物の根毛形成と核酸含量に及ぼす腐植物質の影響

<sup>1</sup> 元日本腐植物質研究会会長；東京都立大学名誉教授

米林甲陽：非水滴定による腐植酸の官能基の定量法  
土田広信：土壤腐植物質、微生物生産黒色物質、アミノカルボニル反応生成物の化学構造上の異同

#### 第2回研究会：

(特別講演) 熊田恭一：土壤腐植酸・フルボ酸の元素組成

小瀬洋喜：水環境におけるフミン質

(一般講演) 佐藤孝彦：フミン質の抗変異原性

麻生末雄：麦わら堆肥作成過程におけるサイトカイニン様物質の変動

後藤晴夫：A型腐植酸の生成機構について

石渡良志・森永茂生・山本修一：堆積物腐植物質にみられる芳香族構造の起原

土田広信：リグニン添加土壤の優勢糸状菌 *Asp.flavis* の生産する腐植物質とその中間体について

土田広信：Asp-Xylose系、His-Xylose系、Gly-Xylose系およびLys-Xylose系 melanoidin の CP-MAS <sup>13</sup>C-NMR

新井重光：土壤腐植における酸性官能基の配列

筒木 潔：浸透圧法および浸透クロマトグラフィーによる分子量測定

鍛塚昭三：IHSS 標準腐植物質試料について

本学会発足に至る主な出来事は以下の通りである。

第1回 東京都立大 (1984)：研究会の発足(世話人 鍛塚昭三(代表)、石渡良志)講演 10件。

第2回 名古屋大 (1985)：特別講演 2件、一般講演9件。

第3回 東京農大 (1986)：研究会規約を決定(会長 鍛塚昭三、副会長 石渡良志)

第4回 神奈川県立衛生短大 (1987)：研究会の名称「腐植物質研究会」から「日本腐植物質研究会」と改名。研究会の事業：年1回研究会の開催、腐植物質研究の情報提供、IHSS 事務局との連絡、IHSS による Reference Samples の調製および配布、第5回 IHSS (1990) 国際会議の日本開催の準備などを確認。

第5回 京都府立大 (1988)：規約の一部改正。研究会体制の整備。

第5回 IHSS 国際会議 (1990) 名古屋開催。そのために腐植物質研究会は開催されず。

第7回 名古屋大 (1991)：役員改選。(会長 石渡良志、副会長 米林甲陽)

第11回 日本原子力研 (1995)：会員外参加を認め、関係学会に公示した。講演数倍増。

第13回 神戸大 (1997)：役員改選。(会長 米林甲陽、副会長 宮島徹)

第18回 京都府立大 (2002)：規約改正。「日本腐植物質研究会」の名称を「日本腐植物質学会」(2002年より)に変更。年1回の「研究会」を「講演会」とする、学会誌「Humic Substances Research」の発刊の決定、など。役員改選。(会長 宮島徹、副会長 藤嶽暢英)

### 3. 国際腐植物質学会設立に至るまで

IHSS の発足に先行して、標準腐植物質を作成する構想が1970年代の半ばに P. MacCarthy (Colorado School of Mines, USA) によって提案された(MacCarthy, 1976)。その後 R. Malcolm (US Geological Survey USGS: 初代 IHSS 会長)の全面的協力を得てアメリカ土壤科学会 (Soil Science Society of America: SSSA) への提案など、構想の実現のための努力がなされた。やがてこの提案は SSSA からの支持を得ることに成功した(1978年)。ついで腐植物質の国際標準物質設定のためのワーキンググループ(委員長 P. MacCarthy, 幹事長 R. Malcolm)が国際土壤科学会 (IHSS) の中に作られた。推進のための資金が USGS から出るようになった(MacCarthy, 2002)。かくして標準腐植物質設定に関する国際会議が世界の腐植物質研究者を招聘して1981年9月9-11日米国コロラド州デンバー市の USGS で開催された。デンバー会議のスポンサーは SSSA であった。鍛塚 (2000) によると、日本に対しては久馬一剛京都大学教授を通して熊田恭一名古屋大学教授に連絡があり、鍛塚昭三(名古屋大学教授)がこの会議に出席した。

鍛塚 (2000)およびMacCarthy (2002)によると会議の概略は下記のとおり(主として鍛塚(2000)から引用)。会議参加者：R.L. Malcolm, R.L. Wershaw, G.R. Aiken, E.M. Thurman (以上 USGS, アメリカ)、P. MacCarthy (アメリカ)、F. J. Stevenson (アメリカ); R.S. Swift (ニュージーランド); M.H. B. Hayes (イギリス) M. Schnitzer (カナダ); P. Sequi (イタリア) E. Gjessing (ノルウェー) F. Andreux (フランス) S. Kuwatsuka (日本) 会議は、Malcolm および USGS の研究者による内容の説明で進行した。

a. 趣旨：土壌と水試料から標準となる方法で国際的

標準腐植物質 (Standard Samples:腐植酸とフルボ酸)を分離調製し、さらに各国で数種の参照物質 (Reference Samples) を調製し、物性を明らかにしたうえで有償で配布し、研究に活用する。

- b. 試料調製法：水試料 (Thurman and Malcolm, 1981) および土壌試料(方法は IHSS 会員に配布、Soil Sci. Plant Nutr. 38, 23-30にも概略が紹介された)からの腐植物質調製法について、USGS で実施されている方法が紹介された。特に土壌学者からフルボ酸に対する考え方に異議が出されたが、分離法は試験してみなければ論評できないとの意見が強く出された。腐植物質の抽出に強いアルカリを使うと腐植物質の一部が壊れるものの高い収量が得られる。反対にもっと穏和な抽出剤を使うと腐植物質の分解は低く押さえられるが、収量は低い。抽出剤についてのメリット・デメリットについて議論した後、最終的には水酸化ナトリウムを抽出剤として使うことになった。
- c. 標準試料の選定：水試料 2 (河川、海)、土壌試料 2 (Mollisol, Muck or Peat)
- d. 国際学会の設立計画：会議の最終日に予想される参照腐植物質の頒布と事業の維持が論じられた。会議の最終段階で国際学会を設立することが提案された。これには出席者からの賛同が得られ、具体策は Malcolm 氏に委任された。歟塚 (私信)によると、IHSS は Science Society として出発したものではなく、標準物質を作成し、これを配布する協会といった感じで発足した。MacCarthy (2002) も「プロジェクトの遂行と予定される参照腐植物質の作成と頒布を行うために New Society を創設することとなった」と述べている。国際腐植物質学会 (IHSS)は1982年1月1日に正式に発足した (MacCarthy, 2002)。

最近の IHSS の資料によると標準腐植物質では Elliott soil (イリノイ州)、Peat (フロリダ州 Pahokee peat; 淡水湿地 freshwater marsh)、Leonardite (北ダコタ州 褐炭 lignite の天然状態下での酸化生成物) および Suwannee 川から分離した腐植酸およびフルボ酸が頒布されている。そのほか参照腐植物質も IHSS から頒布されている (<http://www.ihss.gatech.edu/> 参照)。なお筆者は今回はじめて“Leonardite”という言葉がこの堆積物研究の先駆者である北ダコタ州の地質学者 A.G. Leonard にちなんでつけられたことをインターネット上で知った次

第である。

日本では、IHSS の要請を受けて、歟塚、筒木、井藤ら (名古屋大) により2種類の土壌 (褐色森林土: 愛知県段戸、および黒色土: 静岡県猪の頭) から IHSS 法および土壌分野で一般的に行われていた方法 (NAGOYA 法) で腐植酸・フルボ酸が抽出・調製された (Kuwatsuka, Watanabe, Itoh, and Arai, 1990)。これらの試料は各種官能基分析、<sup>1</sup>H-NMR, <sup>13</sup>C-NMR などの分析がなされた (Watanabe, Itoh, Arai and Kuwatsuka, 1994)。これらの試料は、名古屋大グループの厚意により日本腐植物質研究会に寄贈され、分析結果の資料をつけて関係研究者に参照腐植物質として頒布されている。

#### 4. 腐植物質の国際標準物質設定の意義

ここで国際標準腐植物質作成の意義について少し述べることにしたい。土壌、河川、地下水、湖、海洋、堆積物中に有機物の主成分として存在する腐植物質は、生物、炭素循環、金属元素の物質循環、農業や各種の汚染物質の動きに大きく関わっているため、腐植物質の存在量、動きや作用、機能を質的、量的に評価することは非常に重要である。しかし腐植物質とはという言葉は広く使われ、概念としての定義はなされてはいるが、手にすることのできる (分析可能な) 物質として腐植物質を得ることは困難である。腐植物質はアルカリおよび酸に対する溶解性に基づいてヒューミン、腐植酸 (フミン酸) およびフルボ酸に区分されるが、ヒューミン、腐植酸およびフルボ酸を厳密に分離する方法はまだない。

腐植物質は材料植物、存在場 (土壌、堆積物など) の物理的・化学的・生物学的条件下で生成する特有な化学組成の似た高分子有機物の集合体である。土壌、河川、海洋、湖沼、地下水、海洋堆積物、湖沼堆積物ごとに腐植物質の化学組成は異なる。したがって、環境中における腐植物質の機能を研究するときには研究目的に合致する適切な腐植物質を選択しなくてはならない。たとえば水中の腐植物質の作用を研究するには、あらかじめ水中から分離した腐植物質を用いる必要がある。水中から腐植物質を取り出すには、方法の検討を含め、フミン酸やフルボ酸を取り出すのに大変な時間と労力を必要とする。

このようなことから、環境中の腐植物質の作用の研究では従来市販の「腐植酸」なる試薬が使われることが多かった。しかし市販の腐植酸はどのような材料か

ら作られたものか、どのような条件の下で調製したのか、など基本的情報が明示されることはなく、またたとえ記載されているとしても、研究目的とは異なる材料から分離された腐植酸であることが多い。腐植酸が目的に合ったものかどうか分からないままに研究に使用すると、得られた結果から有効な結論を引き出すことができないであろう。Malcolm らは、市販の腐植酸と土壌および水中腐植酸、フルボ酸との比較、異なる環境から分離した腐植物質の化学的特徴を比較して問題点を具体的に明らかにした (Malcolm, 1990; Malcolm and MacCarthy, 1986)。

多くの腐植物質の研究者は腐植物質の分離法の問題や多様性の解明を腐植物質の基本問題の一つとして古くから研究に取り組んできた。これらの問題の解決に接近する一つの方法として、腐植物質の標準物質、比較物質を作成するという構想が生まれた。MacCarthy (1976)は研究の歴史が長いにもかかわらず腐植物質についての理解が進まない現状の問題点を以下のように要約した。

- (1) 腐植物質は複雑な混合物である。腐植物質は抽出条件の違いに基づいて定義されている。したがって腐植酸、フルボ酸という用語は単一物質あるいは特定の物質の混合物を意味しておらず、ある共通した方法で抽出され、平均的な化学および物理的性質が似た物質の混合物である。
- (2) 腐植物質は混合物であるために、研究に使える化学的物理的方法は限られ、解釈も非常に困難である。
- (3) 多くの研究者が試みてはいるが満足できる腐植物質の相互分離法はまだない。フミン酸が単離できたことはまだない。

したがって、研究では研究室ごとに異なる腐植物質を取り扱っている。そのため純粋物質の場合でも研究室間によって測定値が食い違ふことが多々あるのに、ましてや研究室間で腐植物質が異なるのでは科学的認識を進める上で限界がある。

MacCarthy (1976)は標準腐植物質の作成の意義を概略つぎのように述べている。

- (1) 大量の腐植酸のストックを作成すれば、世界中の研究者がこれを使用して分析データを出すことができる。
- (2) 共通試料を使うことで、異なる研究者の分析法を比較することができ、また正確で、精度の高い分析法を作成することができる。このことによって腐植物質の新しい分析法を評価するための有効な仕組み

を作ることができる。

- (3) 化学的分解、金属イオンとの錯体生成、スペクトル分析法、植物生育への影響の研究などの実験が共通試料を使って行うことができる。この結果、異なる研究者が得た実験結果を、より厳密に比較することができる。
- (4) 標準腐植物質を使って共通の方法および信頼のおける標準的方法が作られると、この方法を異なる腐植酸試料にも応用することができ、結果として、腐植酸間の真の違いを、より容易に定量的に明らかにすることができる。

ここで上記の(4)については腐植物質の科学的理解の観点からコメントを必要とする (後述：セクション7参照)。

## 5. 第1回 IHSS 国際会議 (1983年)

第1回国際会議は1983年8月16-23日に Estes Park, コロラド(米国)で開催された。この国際会議は2つの点で腐植物質研究において画期的なものであった。(1)この会議に合わせて各種土壌や河川からフミン酸およびフルボ酸の標準物質の分離と設定が行われたこと、(2)土壌のみならず地球表層の広範囲に存在する腐植物質についての地球化学、分離法、分析法について初めて学際的に各国から研究者が集まり、レビューが行われたこと、である。この会合で鯨塚は IHSS の評議員に選ばれた。

レビューは会議の招待講演としてなされた。筆者は「湖沼堆積物の腐植物質の地球化学」についての講演と執筆依頼を受けた(1982年春ごろ)。幸いにして当時腐植物質の研究のためにヨエンス大学(フィンランド)に1983年2月より3ヶ月間滞在したこともあり、この間原稿を執筆することができた。

国際会議には120名ほどの研究者が集まった。腐植物質の地球化学、健康および環境への影響、腐植物質の分離調製法、腐植物質の分析法、分析法 (NMR および微量金属錯体形成) のセッションがもうけられた。日本からは鯨塚昭三(名古屋大)、米林甲陽(京都府立大)、片瀬隆雄(神奈川県立衛生短大)、筆者(都立大)の4名が出席した。会議はよく準備され、とくに USGS の若い研究者が行き届いた世話をされて、活気に満ちた会議であったと記憶している。会議では鯨塚昭三先生といろいろ話す機会にも恵まれたこともあり非常に有意

義であった。この会議でなされた各分野のレビューの内容は一冊の本「Humic Substances in Soil, Sediment, and Water」としてまとめられ、John Wiley から出版された(1985年発行)。

## 6. 第5回 IHSS 国際会議 日本開催 (名古屋：愛知県産業貿易館) (1990/8/5-8/11)

研究会時代での最大の事業は IHSS 国際会議の日本開催であった。この国際会議は研究会会員65名という少人数の下で行われた。鉄塚昭三組織委員長のもと、副委員長 麻生末雄、プログラム委員として石渡良志(委員長)、篠塚則子、米林甲陽、L.E. Low がなり、さらに名古屋大学農学部土壌学研究室が事務局(事務局長 筒木深：現在帯広畜産大教授)となり、多くの研究会会員のほか多数の人や会社、諸団体の協力を得て開催にこぎつけた。参加者22ヶ国から約120名(日本人 58名を含む)。招待講演5件、一般講演40件、ポスター発表68件。鉄塚昭三会長の並々ならぬ決意、主導、尽力のおかげである。日本腐植物質研究会としてはエポックとなる出来事であった。本国際会議にはアジア、特に中国から3名の研究者の参加があったことは特記される。これを機会に研究会が腐植物質の研究交流と推進の場として定着したと思われる。国際会議で発表された諸講演は、のちに The Science of the Total Environment 誌の特集号(資料2参照)として刊行された。

## 7. 今後の課題

標準腐植物質や参照腐植物質が研究に使われることが次第に多くなってきた。これは、腐植物質についての認識が進んだ結果である。また本学会講演会では講演テーマが多彩になってきた。本学会は関係研究者の腐植物質についての知識の交流の場として確実に役割を果たしてきた。

しかし一方で筆者は最近、腐植物質に対する考えや分析的取り扱いについて研究者間での相違が気になっている。今後検討すべき事項を以下に挙げる。

1. かつて MacCarthy が挙げた諸問題 (MacCarthy, 1976) (前述) は依然として解決はついていない。また標準および参照腐植物質を作成したことによって腐植物質に対する認識がどの様に進展したのかを検証することが必要である。筆者は標準および参照腐植物質は当初提案者が考えていた様な使われ方がかならずしも

されていないのではないかと危惧する。

2. 腐植物質の研究課題： IHSS 法で分離された標準腐植物質は、研究者による分析結果の相互比較用としては優れてはいるが、生成環境と腐植物質の質的特徴との関係を明らかにすることや腐植物質の科学的認識という視点で考えた場合には適切とは言えないのではないか。Kuwatsuka, Watanabe, Itoh, and Arai (1990) によれば、黒色土および褐色森林土では IHSS 法による腐植酸およびフルボ酸の回収率は NAGOYA 法のそれに較べて極端に低く、腐植酸では26%-80%、XAD-8を使って回収されたフルボ酸は NAGOYA 法のそれに較べて1/5 - 1/40である。したがって黒色土および褐色森林土の場合 IHSS 法で得た腐植酸やフルボ酸をもって代表するには無理がある(鉄塚私信)。土壌だけに限定しても、多くの土壌について最も適した腐植酸およびフルボ酸の抽出法を見出す必要がある。フルボ酸を XAD-8によって分離されたものに限定しているが、この定義は世界的に多くの土壌学者が考えているフルボ酸と根本的に異なるのも問題である(鉄塚私信)。

地球上に存在する有機物の主要部分を占める腐植物質の研究はこれまでの分析化学的理解にとどまることなく、本質的・科学的理解のための研究に進むべきであろう。そのためには腐植物質(腐植酸、フルボ酸、ヒューミン)とはなにか?を考え、それらの考えを交換しあうこと、腐植物質に対する共通認識の形成、生成環境と腐植物質の質的特徴との関係を明らかにすることが重要と思われる。そのためには、腐植物質の分離・精製法、記載事項の規格化や厳密な記載、相互比較を進めることが必要である。水中腐植物質の分離では樹脂の前処理法の確立も必要である。腐植物質研究は極めて複雑困難な課題であるがゆえに、なによりも多くの先人たちが長年積み重ねてきた研究成果を精査、参照し、それらの成果の上に立って新知見と対比し吟味することを心がける必要がある。合わせて関連分野の研究成果にも注意をはらう必要がある。たとえば地球化学分野では土壌学における「ヒューミン」に相当するフラクションは「ケロジェン」として古くから多くの研究がなされている。また「水中フルボ酸」は「溶存有機物」や「MUC(molecularly uncharacterized component)」として腐植物質とは全く違った視点からも研究が行われている。これらの研究成果にも注意をはらうことにより、新たな到達点、普遍的な新知見が得られることが期待できる。

3. 本学会の進め方について： 本学会は会誌として

「Humic Substances Research」を発刊することになった。また「腐植物質研究法」の出版も企画されている。これらの事業をきっかけにして、Science Societyとして発展し、地球環境における腐植物質の役割についての理解が進むことを期待する。学会の発展には研究活動への活力の導入方策を考えることや、学会運営面でも改善をはかる必要がある。参照腐植物質の頒布収入についても、たとえば特別会計として会費収入とは切り離して、活用法を再吟味することが必要かも知れない。

最後に、鍛塚昭三初代会長には筆者の草稿を丁寧に読んでいただいた。結果として正確な記述および草稿の大幅な改訂ができた。心から感謝いたします。また資料の収集と執筆にあたって渡辺彰(名古屋大学)氏の協力を頂いたので感謝いたします。

#### 参考文献

- Aiken, G.R., McKnight, D.M., Wershaw, R.L., MacCarthy, P. (Eds.) (1985) *Humic Substances in Soil, Sediment, and Water*. John Wiley & Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore, 692 pp.
- International Humic Substances Society Newsletter, No. 1 (December 1982).
- 熊田恭一 (1981) 土壤有機物の化学 (第2版). 学会出版センター, 304 pp.
- 熊田恭一 (1987) 回想-腐植研究 40年-. 肥料科学, 10, 1-57.
- Kumada, K. (1987) *Chemistry of Soil Organic Matter*. Japan Sci. Soc. Press and Elsevier, pp.241.
- 鍛塚昭三 (2000) 標準腐植物質試料作成に至る経緯 - 日本腐植物質研究会設立まで -. 日本腐植物質研究会第16回講演会講演要旨集, 17-18.
- Kuwatsuka, S., Watanabe, A., Itoh, K., Arai, S. (1992) Comparison of two methods of preparation of humic and fulvic acids, HISS method and NAGOYA method. *Soil Sci. Plant Nutr.* 38, 23-30.
- MacCarthy, P. (1976) A proposal to establish a reference collection of humic materials for interlaboratory comparisons. *Geoderma*, 16, 179-181.
- MacCarthy, P. (2002) A brief history of the International Humic Substances Society. Abstract of 11<sup>th</sup> International Meeting of IHSS, 1-6.
- Malcolm, R.L. (1990) The uniqueness of humic substances in each of soil, stream and marine environments. *Analytica Chimica Acta*, 232, 19-30.
- Malcolm, R.L. and MacCarthy, P. (1986) Limitations in the use of commercial humic acids in water and soil research. *Environ. Sci. Technol.*, 20, 904-911.
- 資料1 : 日本腐植物質研究会事務局 (1989) 日本腐植物質研究会情報誌 No.1.
- 資料2 : Ishiwatari, R., Lowe, L., McKnight, D., Shinozuka, N., Yonebayashi, K. (Editors). (1992) Special Issue : Advances in Humic Substance Research. A collection of Papers from the Fifth International Meeting of the International Humic Substances Society, Nagoya, Japan, 6-11 Aug. 1990. *The Science of the Total Environment.*, Vol. 117/118, 1-591.
- Thurman, E.M. and R. L. Malcolm (1981) Preparative isolation of aquatic humic substances. *Environ. Science and Technol.* 15, 463-466.
- 筒木潔、熊田恭一 (1980) 腐植酸の化学. 肥料科学, 3, 93-131.
- Watanabe, A., Itoh, K., Arai, S., Kuwatsuka, S. (1994) Comparison of the composition of humic and fulvic acids prepared by the IHSS method and Nagoya method. *Soil Sci. Plant Nutr.* 40, 601-608.