

# 土の有機物の語るもの

筒 木 潔

私が土の研究に関わり始めたのは1973年に名古屋大学農学部の土壌学研究室の門をたたいて以来です。私が頂いた卒業論文の課題は「腐植酸の還元による色の変化」という研究課題でした。この課題を考案されたのは熊田恭一先生という当時日本の土壌有機物研究の第一人者の先生でしたが、学部長や学会長などの公職で忙しいことや助教授の楢塚昭三先生が有機化学分析の最先端の技術を駆使して腐植物質の研究を開始しておられたので楢塚先生の指導を受けることになりました。

腐植酸というのは土の有機物の主要な成分で、土壌をアルカリで抽出して得た抽出液を酸性にすると析出沈殿する有機物です。この有機物は褐色ないし暗褐色を呈しているのですが、熊田先生はこの色そのものが腐植酸の化学構造や生成過程の本質を表すものと考えておられ、その色の発現機構の一端を明らかにするのが私の課題でした。

腐植酸を還元してその吸光度の変化を調べたのは腐植酸が含有する様々な二重結合が吸光度にどの程度貢献しているのかを確かめるためです。楢塚先生に勧められて様々な還元法を試してみました。その中でうまくいったのが水素化ホウ素ナトリウムによる還元です。水素化ホウ素ナトリウムはカルボニル基の特異的な還元剤ですが、アルカリ性の水溶液中で反応が進むことと、還元剤そのものに紫外可視部吸収が無いためです。その結果腐植酸の吸光度に対するカルボニル基の貢献が著しく大きいことが明らかになりました。この研究の一環として腐植酸溶液のpHと吸光度の関係についても深く研究しました。それはpHによって還元反応の速度が違ふことや、還元反応によって腐植酸溶液のpHが変化すること、pHが異なれば腐植酸の吸光度も変化することなどの理由でpHと吸光度の関係も同時に明らかにしておく必要があったためです。卒論の段階では腐植酸の吸光度がpHとほぼ比例して変化することと、pHに対する吸光度の変化比率が酸性領域とアルカリ性領域では異なること、さらに各種土壌から得られた各型腐植酸の間で系統的に異なることなどが明らかになりました。先生方からすれば他愛もない実験結果であったでしょうが、研究を始めたばかりの私にとっては全ての結果がとてもすばらしい発見のように思えうれしかった記憶があります。また実験結果を先生に報告にいくといつも励ましてもらえ、またさらにたくさんのsuggestionを頂くことができました。大学院の修士コースおよび博士コースに進学してからは研究は腐植酸の化学構造の解明の方向に進んでいきました。元素組成、各種官能基組成、窒素成分、酸・アルカリ分解生成物のガスクロによる分析がその主な内容でした。腐植酸の吸光度とpHの関係についても卒論の段階ではほぼ直線的な関係として認識していただけでしたが、詳細に調べると小刻みな階段状に吸光度が変化しており、腐植酸に解離定数の異なる様々な官能基が含まれていることを直接目で確かめることができたような気持ちでこれにも感動した覚え

があります。修論および博士論文で研究した腐植酸の様々な性質は、腐植酸の腐植化度、腐植酸の型、土壌の種類などと関連させて整理すると非常に整然とした変化を示していました。腐植酸は植物遺体やそれを分解する微生物の代謝産物が酸化反応や重合反応を経て形成されていく有機物であり、その生成過程にはなんらの規則性もないもののように見受けられます。しかし、腐植酸の色に基づく腐植化度や腐植酸の型という基準に照らし合わせるとその他の性質もこれと関連して規則的に変化していたのです。修士論文および博士論文に関係した投稿論文は9報の英語の論文となりました。また博士課程修了後は就職口がなくてオーバードクターを余儀なくされたのですが、その間には腐植酸の分子量や分子量分布に関する研究を浸透圧測定やゲル浸透クロマトグラフィーの手法で進めこれも2報の論文となりました。

オーバードクターを始めて1年半程たった1980年11月から、国際稲研究所の土壌化学研究室に博士研究員として採用して頂けることになりました。国際稲研究所での上司はF.N.Ponnamperna博士という水田土壌の物理化学で有名な先生でしたが、私自身の研究分野は物理化学ではなく、水田を湛水した時の有機物の嫌氣的分解機構について明らかにしてほしいというものでした。腐植酸の研究からは離れることになりましたが、名古屋大学では後輩たちが私の方法を引き継いでフルボ酸の研究を進めてくれました。国際稲研究所での私の仕事は水田土壌にイナワラ、緑肥、堆肥などを施用した後の分解生成物の動態を温帯条件と熱帯条件で比較するものでした。基本的性質としてはpH、E<sub>h</sub>、二価鉄、アンモニウムイオン、硝酸塩イオンなど、分解生成物としてはメタン、炭酸ガス、有機酸（酢酸、プロピオン酸、酪酸、イソ吉草酸）、アルデヒド、アルコール、フェノール性酸等を分析し、また土壌の腐植組成や施用有機物の近似分析もしました。土壌は鉄含量とpHが異なる3種類の土壌を用いたのですが、これらの性質と鉄含量およびpHは非常に良い対応関係を示しました。それは鉄含量によって土壌還元の前進行速度が異なったためと考えました。国際稲研究所では分析機器が故障したらなかなかおらない、試薬もすぐには手に入らない、停電で頻りに機械が止まるなどの苦勞もありましたが、時間はたっぷりありましたし、持ち前ののんびりした性格であまりいらいらもせず乗り切りました。国際稲研究所での研究は2報の論文にしかたけですが、その後地球環境問題がトピックとなりメタン、炭酸ガス、有機酸などが頻りに測定されるようになったため、私の論文もかなり引用されたと聞いています。

国際稲研究所には2年半いましたが、日本の大学や研究所への就職口は一向になく、私は再び海外の研究先を探すことにしました。欧米のあちこちの先生に手紙を書いてポストの口を探しましたが、相手に研究費と給料さらには渡航費などをお願いするのですからそう簡単にはみつかるものではありません。そんななかでドイツのアレキサンダー・フォン・フンボルト財団が私に1983年7月から2年間の研究滞在を許してくれることになりました。研究先はハンブルグ大学の土壌学研究所です。私の指導者はHans Wilhelm Scharpenseel教授で土壌有機物の分析と土壌の放射性炭素年代測定や安定同位体元素の測定で多数の業績を挙

げておられた先生です。先生は粘土による土壤有機物の安定化を証明するため、土壤を粒径分画しそれぞれの粒径画分に結合した有機物の放射性炭素年代をはかるという課題を下さいました。1回の年代測定を行なうためには最低3gの炭素が必要だったため、それに見合う粒径画分を調製するのは大変な仕事でした。試料には森林と畑のチェルノーゼム土壤断面からA層の一番深い部位の土壤を採取して用いました。実験を始めて6カ月程たちやっと1通りの測定ができましたが、その結果を見た時は目の前が真っ暗になりました。全ての測定値が現世の標準炭素よりも多くの放射性炭素を含んでいたからです。それは私が粒径画分の分離に用いた遠心管の一部が放射性炭素で汚染されていたためでした。気をとりなおしてまた最初から実験をやりなおしほぼ1年たってやっと結果が得られました。その結果は土壤中の中粘土画分ないし粗粘土画分と結合した有機物の年代が最も古く、土壤有機物の安定化に貢献しているというものでした。その他にも、土壤のいろんな深さの層位からミミズを採取してその放射性炭素年代をはかり、ミミズが土の有機物をどの程度食べているのか明らかにするという研究もしました。その結果深い層位にいるミミズほど放射性炭素濃度が低く、古い年代の土壤有機物も食べていることが明らかになりました。またA層の土壤を深さ別に採取し炭酸ガス発生量を調べ、深さと土壤有機物の分解性の関係を検討しました。これらの結果はScharpenseel先生が喜んですぐに論文にしてドイツの土壤肥科学雑誌に投稿して下さいました。先生がトップネームでしたが、立派な論文にして下さって良かったと思っています。ドイツには本来は2年4カ月いることが許されていたのですが、ほぼ1年たった頃、出身の名古屋大学土壤学研究室からポストが空いたので助手に応募しなさいという話があり、応募したところ幸運にも1984年12月から採用して頂くことになりました。ドイツでの研究にも未練は残っていたのですが、いつまでもいられるポストではないし、家族も増えて安定な生活を求めているので帰国することにしました。

名古屋大学に再び帰ってからは海外留学中に始めた有機物分解の研究や有機物の安定化機構の研究を引き継いだ研究も行ないましたが、楯塚教授から今度はヒューミンの研究を中心にしてほしいといわれ、ヒューミンを可溶化する方法として還元剤を用いた方法、キレート樹脂を用いる方法、有機溶媒で抽出する方法などを開発しました。また、愛知県の作手村の泥炭層がアカホヤ火山灰(6,300yBP)や始良火山灰(24,000yBP)を挟み込んでいることが名古屋の高校の先生によって発見され、それ以来私と泥炭土壤とのつきあいがはじまりました。作手村の泥炭層は始良火山灰の下にも堆積しており、私自身が放射性炭素年代測定したところ32,000年以上前から堆積が始まった泥炭であることがわかりました。北海道の泥炭はせいぜい5,000年前から堆積が始まったものがほとんどなので、年代の古さのみから言っても作手村の泥炭土は非常に希で貴重な試料です。私は地元の多くの先生方と一緒に作手村の泥地のあちこちでボーリング調査やトレンチ調査を行い、泥炭試料を深さごとに採取しました。そしてそれらの有機物組成を分析し有機物組成が過去の気候変化や植生変化や環境変化をどのように反映しているかを研究しました。試料の一部は近藤鍊三先生にもお送りし、植

物珪酸体分析をして頂きました。また私はこの泥炭土の研究と関連して名古屋大学のタンデトロンという装置を用い微量の炭素で放射性炭素年代測定を行なう技術を修得しました。

名古屋大学の助手時代はいろいろな研究を手がけた時代でしたが、また著しく多忙な時代でもありました。土壤肥料学会中部支部の庶務幹事と会計幹事、日本腐植物質研究会の庶務幹事、欧文誌の編集委員会、そして1990年に名古屋で開催した国際腐植物質学会の庶務幹事、1991年土壤肥料学会名古屋大会の会計幹事と実務的な役職が途切れたことは一度もありませんでした。ただしこれらの実務的な仕事は私にとって非常に貴重な経験でもありました。学会の多数の人々と知り合うことができましたし、特に国際腐植物質学会の実行委員をしたことで世界中に多数の知己を得ることができました。

私が帯広畜産大学に赴任したのは1991年4月でした。名古屋大学で行なわれた土壤肥料学会大会に出席された近堂祐弘先生が名古屋から帯広まで同行して下さいました。名古屋から帯広へ来た理由についてはもちろん帯広畜産大学の近堂先生と近藤先生からお誘いがあったからですが、私自身も研究上の新天地を求めるような期待があつて応募させて頂きました。帯広に来てからの研究も土壤有機物を中心において続けています。ひとつの観点は土壤有機物の成分が環境指標として土壤圏にかかわる環境変化や気候変化や植生変化の影響をどのように反映するかということです。また土地利用法や土壤管理法が土壤の有機物組成にどのような影響を及ぼしているかという問題にも興味を持っています。研究対象は主として十勝地方の未耕地および耕地土壤、北海道各地の泥炭土壤ですが、これらに加えてインドネシアの赤色酸性土壤の研究も行なっています。有機物組成の指標としては腐植組成、フェノール性化合物組成、脂肪酸・ステロール組成、糖組成、アミノ化合物組成、各種のバイオマス指標などを手がけています。乾燥化と植生変化の進行が著しい泥炭地土壤においてはこれらの有機物組成の変化が著しく、フェノール性化合物組成や脂肪酸組成に非常に顕著な違いが認められました。このことは1998年9月にオーストラリアのアデレードで行なわれた第9回国際腐植物質学会に近藤錬三先生と一緒に出席し発表を行なってきました。

私の研究は常に土の有機物に問いかけその語るものを理解するという態度で行なってきました。土に問いかける方法は様々で、新しい問いかけを発すれば土はそれなりにまた新しい返事をしてくれます。帯広は豊かな自然に恵まれ、また日本一の畑作酪農地帯の中心に位置するため私たちは限りない研究課題を身近にみつけることができます。また、研究室の有機分析・無機分析の設備も大変充実してきましたので、さらに研鑽を積んで新しい発見を求めていきたいと思っています。

(現 助教授)