

学位論文題名

Affectation of forest -derived humic substances
on photosynthetic organisms in aquatic regions.

(森林起源の腐植物質が水圏の光合成生物に及ぼす影響)

学位論文内容の要旨

昔から私達は森林を有形の資源あるいはエネルギー資源として使用してきたが、さらに大切な森林の重要な働きは環境保全である。その働きとして、酸素の供給、防風、防砂、防雪がよく知られているが、その他に大気浄化、騒音防止、山崩れ防止、土砂の流出防止、水源涵養が上げられる。私達にとってこれらのすべてが重要であるが、特に保水の役割は極めて重要である。

森林が皆伐され、裡地になったとすると、雨は斜面の無機土とともに表層を流れ、地下への浸透はほとんど期待出来ない。従って、雨になると洪水が発生し、逆に乾期には川は渇水になる。即ち、河川での生き物の生存は困難になる。また、土砂の流出としては沖縄における赤土の海への流出があげられる。流出した土砂によってサンゴは死滅した。熱帯や亜熱帯におけるサンゴ、寒帯や亜熱帯における海藻は魚介類の産卵の場、生育の場としての役割を果たしているため、これらの死滅は魚介類の減少につながることになる。

環境保全の観点からみると森林の役割は大きい。私達は土壌という言葉をよく用いるが、これは岩石が風化しただけの無機物質でなく、微生物による分解や発酵をうけた有機物質が含まれている。森林の枯葉、枯枝が微生物的、化学的作用を受け、硝酸や炭酸のような無機酸やしゅう酸や酢酸等の有機酸が生じる。これが鉱物に作用し、風化を早める。細紛された鉱物と有機物質が混合したのが、いわゆる腐植土である。腐植土中の腐植物質は分子量数千程度で水に溶解るとされているフルボ酸とさらに分子量の大きな不溶性のフミン酸に分けられるが、これらはカル

ボキシル基、カルボニル基、アミノ基、フェノール性水酸基等の官能基を有している。このため、多種の金属と錯体を形成するが、鉄も錯体形成によって粒子態から溶存態へ変化する。これはフルボ酸鉄といわれている。

フルボ酸鉄や腐植物質がプランクトンや海藻の増殖ならびに成長に果たしている役割が極めて大きいこと、ならびに石灰藻の胞子を殺すことが分かっている。本研究では以下の項目について研究を行った。

①河川水中のフルボ酸鉄の主起源：北海道道南に位置する大沼に流入している宿野辺川周辺は森林や湿地帯があり、それを通して多くの沢水が宿野辺川に合流している。宿野辺川では上流から下流に向かうにつれてフルボ酸一鉄濃度が増加するが、この要因を確かめるため、宿野辺川に注ぎこんでいる多くの沢水を採取し、フルボ酸一鉄濃度を測定した。宿野辺川流域にある湿地帯の表層地下水中のフルボ酸一鉄濃度は数 $10\ \mu\text{M}$ と極めて高濃度であり、そこを流れる沢水も同様に高濃度であった。これらの沢水は宿野辺川に注ぎこんでいる。宿野辺川上流のフルボ酸一鉄濃度は $1\ \mu\text{M}$ 以下であったが、下流では数 μM に高まる理由として、湿地帯からの沢水の流入によることが明らかとなった。なお、河川水量、そこに流入する沢水の水量、フルボ酸一鉄濃度からフルボ酸一鉄の収支も計算したが、それらからも下流でのフルボ酸一鉄濃度の増加が裏付けられた。

道南の森町を流れる鳥崎川についても、上流から下流にかけてフルボ酸鉄を測定したが、宿野辺川と同様に下流で数 μM と高濃度であった。この河川を詳細に調査したところ、下流に大きな湿地が存在しており、この中を河川が流れていることがわかった。湿地帯から高濃度のフルボ酸一鉄が河川にしみ出すためであることが明らかとなった。森林地帯のみを流れる河川水中のフルボ酸鉄濃度は $1\ \mu\text{M}$ 以下と考えられるが、下流で濃度が増加する要因は湿地帯の高濃度のフルボ酸鉄の流入によるものである。

②フルボ酸鉄の形態とプランクトン増殖に果たす役割：口径 $0.4\ \mu\text{m}$ のフィルターを通過した元素や化学物質は水との挙動が同じであることから、溶存物質といわれているが、それにはコロイド状の物質も含まれている。学問的な興味で、河川水を口径 $0.4\ \mu\text{m}$ でろ過後、さらに窒素ガスによる加圧によって $0.025\ \mu\text{m}$ のフィルターでろ過し、各ろ液のフ

ルボ酸一鉄濃度を測定をすると、 $0.4\ \mu\text{m} - 0.025\ \mu\text{m}$ に多くのコロイド状のフルボ酸一鉄が存在することがわかった。なお、コロイド状で有機物質は炭素の安定同位体から腐植物質であることが同定されている。このコロイド状鉄は光合成生物に有効か否かについて、淡水植物プランクトンを用いて培養実験を行った結果、プランクトンはこのコロイド状鉄によって増殖することがわかった。即ち、無機鉄のコロイド状鉄と異なり、プランクトンが摂取出来る鉄が溶出していることを示唆している。

③湾に流入する腐植物質の拡散：河川から海に流入した腐植物質は塩により凝集を起こすことが室内、野外実験で明らかにされている。河口にセジメントトラップを設置し、集まった有機物質の炭素同位体の測定からすると、沈降有機物質は腐植物質であることも明らかにしてきた。即ち、腐植物質が塩により凝集沈降することを意味している。そこで気仙沼湾（宮城県）、方座浦湾と神前湾（三重県）の3つの湾について、湾の採泥を行いその有機物質の炭素同位体を測定し、腐植物質の拡散状況を調べた。

気仙沼湾については、ほぼ湾全域を河川水が覆っていた。方座浦湾については、湾に流入する河川の約1 km上流に砂防ダムが建設されており、ダムによってダム上流の河川水は地下に浸透するため、ダムの下流にほとんど水が流れてこないこと、また河口付近の湿地帯が埋め立てられてしまったこと等により、湾へ腐植物質の影響は河口から数100 mまでしか影響していない。このため湾の中央部（1 km）から湾口にかけての岩や岩盤は石灰藻に覆われている。

神前湾には3つの河川が流入しており、河川は少なくとも湾の中央部まで影響している。それより沖側は底質が砂のため採泥が出来なかった。しかし河川の上流の山で石灰の採掘が50年前から行われており、大雨時には土砂が湾に流入している。このため一部の岩盤は土砂で覆われてしまい、海藻が生育できる状況ではなかったが、覆われていない岩盤では海藻が生育していた。

以上のことから森林と海とは深く繋がっていることが従来の研究に加えてさらに明らかとなった。

学位論文審査の要旨

主査 教授 松永勝彦
副査 教授 角皆静男
副査 教授 久万健志
副査 助教授 築田満

学位論文題名

Affectation of forest -derived humic substances on photosynthetic organisms in aquatic regions.

(森林起源の腐植物質が水圏の光合成生物に及ぼす影響)

森林は多くの機能を有しているが、保水の役割は極めて重要である。森林が皆伐され、裡地になったとすると、雨は斜面の無機土とともに表層を流れ、地下への浸透はほとんど期待出来ない。従って、雨になると洪水が発生し、逆に乾期には川は渇水になる。即ち、河川での生き物の生存は困難になる。

私達は土壌という言葉をよく用いるが、これは岩石が風化しただけの無機物質でなく、微生物による分解や発酵をうけた有機物質が含まれている。森林の枯葉、枯枝が微生物的、化学的作用を受け、硝酸や炭酸のような無機酸やしゅう酸や酢酸等の有機酸が生じる。これが鉱物に作用し、風化を早める。細紛された鉱物と有機物質が混合したのが、いわゆる腐植土である。腐植土中の腐植物質は分子量数千程度で水に溶解するとされているフルボ酸とさらに分子量の大きな不溶性のフミン酸に分けられるが、これらはカルボキシル基、カルボニル基、アミノ基、フェノール性水酸基等の官能基を有している。このため、多種の金属と錯体を形成するが、鉄も錯体形成によって粒子態から溶存態へ変化する。これはフルボ酸鉄といわれている。

本研究では以下の項目について研究を行った。

①河川水中のフルボ酸鉄の主起源：北海道道南に位置する大沼に流入している宿野辺川周辺は森林や湿地帯があり、それを通して多くの沢水が宿野辺川に合流している。宿野辺川では上流から下流に向かうにつれてフルボ酸鉄濃度が増加するが、この要因を確かめるため、宿野辺川に注ぎこんでいる多くの沢水を採取し、フルボ酸鉄濃度を測定した。宿野辺川流域にある湿地帯の表層地下水中のフルボ酸鉄濃度は数 $10 \mu\text{M}$ と極

めて高濃度であり、そこを流れる沢水も同様に高濃度であった。これらの沢水は宿野辺川に注ぎこんでいる。宿野辺川上流のフルボ酸鉄濃度は $1\ \mu\text{M}$ 以下であったが、下流では数 μM に高まる理由として、湿地帯からの沢水の流入によることが明らかとなった。

②フルボ酸鉄の形態とプランクトン増殖に果たす役割：口径 $0.4\ \mu\text{m}$ のフィルターを通過した元素や化学物質は水との挙動が同じであることから、溶存物質といわれているが、それにはコロイド状の物質も含まれている。学問的な興味で、河川水を口径 $0.4\ \mu\text{m}$ でろ過後、さらに窒素ガスによる加圧によって $0.025\ \mu\text{m}$ のフィルターでろ過し、各ろ液のフルボ酸一鉄濃度を測定をすると、 $0.4\ \mu\text{m}-0.025\ \mu\text{m}$ に多くのコロイド状のフルボ酸一鉄が存在することがわかった。なお、コロイド状で有機物質は炭素の安定同位体から腐植物質であることが同定されている。このコロイド状鉄は光合成生物に有効か否かについて、淡水植物プランクトンを用いて培養実験を行った結果、プランクトンはこのコロイド状鉄によって増殖することがわかった。即ち、無機鉄のコロイド状鉄と異なり、プランクトンが摂取出来る鉄が溶出していることを示唆している。

③湾に流入する腐植物質の拡散：河川から海に流入した腐植物質は塩により凝集を起こすことが室内、野外実験で明らかにされている。河口にセジメントトラップを設置し、集まった有機物質の炭素同位体の測定からすると、沈降有機物質は腐植物質であることも明らかにしてきた。即ち、腐植物質が塩により凝集沈降することを意味している。そこで気仙沼湾（宮城県）、方座浦湾と神前湾（三重県）の3つの湾について、湾の採泥を行いその有機物質の炭素同位体を測定し、腐植物質の拡散状況を調べた。

気仙沼湾については、ほぼ湾全域を河川水が覆っていた。方座浦湾については、湾に流入する河川の約 $1\ \text{km}$ 上流に砂防ダムが建設されており、ダムによってダム上流の河川水は地下に浸透するため、ダムの下流にほとんど水が流れてこないこと、また河口付近の湿地帯が埋め立てられてしまったこと等により、湾へ腐植物質の影響は河口から数 $100\ \text{m}$ までしか影響していない。このため湾の中央部（ $1\ \text{km}$ ）から湾口にかけての岩や岩盤は石灰藻に覆われている。

神前湾には3つの河川が流入しており、河川は少なくとも湾の中央部まで影響している。それより沖側は底質が砂のため採泥が出来なかった。しかし河川の上流の山で石灰の採掘が50年前から行われており、大雨時には土砂が湾に流入している。このため一部の岩盤は土砂で覆われてしまい、海藻が生育できる状況ではなかったが、覆われていない岩盤では海藻が生育していた。

以上のことから森林と海とは深く繋がっていることが従来の研究に加えてさらに明らかとなった。よって審査員一同は博士（水産科学）の学位を授与するにふさわしいと判定した。