

宮古島の命の源である地下水を硝酸態窒素の汚染から守る保全活動

沖縄県立宮古農林高等学校 環境工学科 環境班 代表 大井 純一

概略

1. 要約

沖縄県宮古島は川がなく、飲み水の全てを地下水に依存し、世界的に他に例を見ない島である。沖縄本島より南西300kmに位置し、島の面積の約7割が畑として利用され(図1)、畑に施用される化学肥料に含まれる余分な硝酸態窒素が、宮古島の命の源である地下水を汚染している。

世界では化学肥料の使いすぎで、地下水を硝酸態窒素が汚染し、そのような水を飲んだ赤ちゃんが死亡するなど、人命も危機にさらされている。

そこで、先輩達はその問題を取り上げ、有機肥料の研究開発に取り組んだ。

有機肥料の研究開発→化学肥料の低減→地下水保全



図1 宮古島の土地利用状況

沖縄県宮古島の土壌は、サンゴからできた琉球石灰岩が風化した土で、pHはアルカリ性を示し、カルシウムを豊富に含んだ土壌である。そして、そのカルシウムと大量に施用される化学肥料中のリン酸が反応し、その結果、作物に利用されない難溶性リン酸カルシウムとして土壌に大量に蓄積されている(図2)。そこで、その土壌蓄積リン(難溶性リン)を作物に再利用することを試みた。

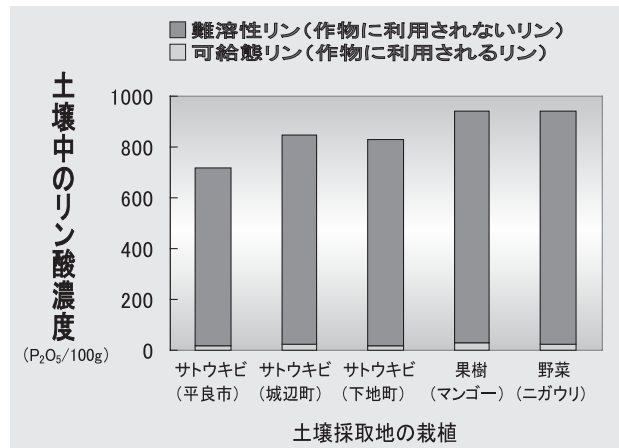


図2 採取土壌中のリン酸濃度

■ 難溶性リン

● 琉球石灰岩土壌に豊富に含まれているカルシウムと毎年畑に施肥される化学肥料中のリン酸が反応し、溶解性の低い難溶性リンとして作物に利用されず、土壌に蓄積したリンのこと。

■ 可給態リン

● 水に溶け、作物に利用可能なリンのこと。

その方法は、まず、土壌中よりリン溶解菌を分離(写真1)し、サトウキビ製糖工場の副産物であるバガスや糖蜜に添加した有機肥料を調整する。そして、その有機肥料を土壌に処理することにより、リン溶解菌が炭素源であるバガスや糖蜜をエサとし、乳酸、酢酸、コハク酸などの有機酸を生成し、その有機酸が土壌に蓄積されているリン酸カルシウムに反応し、有機酸カルシウムを形成する。そ

研究計画

- (1) 地下水の水質調査
- (2) 土着菌(リン溶解菌)の分離・選抜技術の習得(写真1)
- (3) 有機肥料の開発研究
- (4) 地域の農家と連携した研究活動

の結果、リン酸が遊離し、土壤中に溶けだし作物に吸収される状態になる。するとリン酸の利用率が高まり、同時に有機肥料の施肥で化学肥料の量が減り、地下水汚染を防ぐことを想定した。



写真1 土着菌（リン溶解菌）の分離・選抜

昨年までの研究の概略

1. 先輩達の成果

平成8年度の成果

●水道法では、硝酸態窒素が10ppm以上の水は飲み水として使用できないと定められ、それを基準に地下水を分析した結果、高濃度の硝酸態窒素が含有されていることを認めた（図3）。

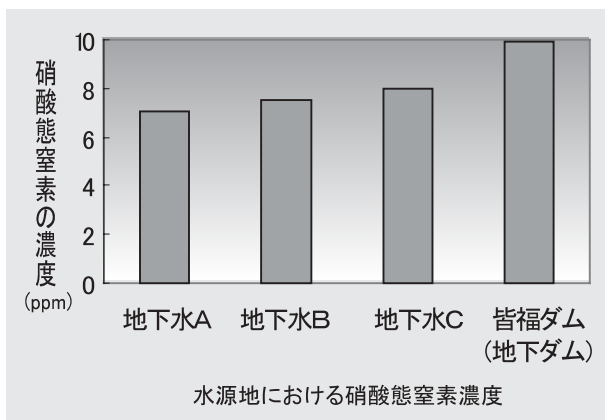


図3 各水源地上における硝酸態窒素濃度

平成10年度の成果

●高濃度土壌蓄積リンの存在を確認。土壌より分離したリン溶解菌を選抜し、MB-22と名付けた（写真2）。

{MB-22の名前の由来}

M=宮古農林高等学校

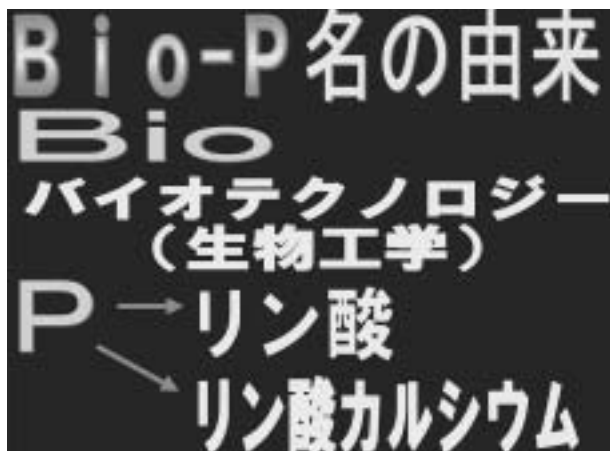
B=バクテリア

22=100株の分離菌の中で22番目の菌が有機酸生成の能力が一番高かった。



写真2 MB-22のクリアゾーン

●MB-22に有機酸を生成させるためのエサとしてバガスや糖蜜に添加、混合、熟成、有機肥料を開発し、商品名をBio-P（バイオ・リン）と名付けた。



宮古島の命の源である地下水を硝酸態窒素の汚染から守る保全活動

沖縄県立宮古農林高等学校 環境工学科 環境班 代表 大井 純一

平成11年度の成果

- Bio-Pを畑に処理することにより、少ない化学肥料の施肥でも、野菜などの生育を促進し、土壌蓄積リンの再利用も可能（図4）。

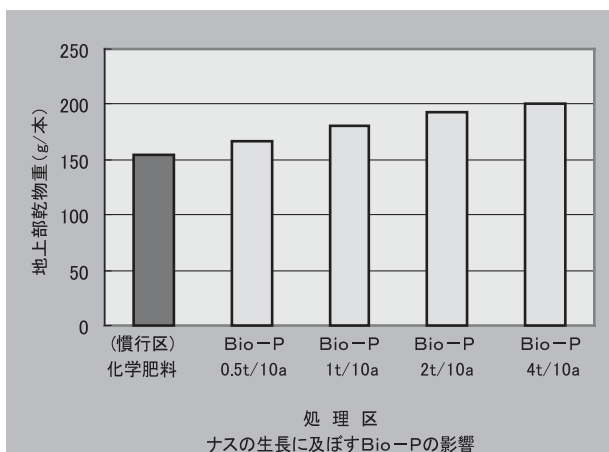


図4 ナスを使用したBio-Pの栽培試験結果

平成12年度の成果

- Bio-Pの特殊肥料登録を沖縄県より取得、商標登録を特許庁へ申請。

平成13年度の成果

- 環境省と沖縄県が共同で実施したゼロ・エミッション宮古島アイランド構想事業（環境共生型地域形成モデル計画）において、島しょ型資源循環システム構築としてBio-Pを取り上げていただいた（写真3）。

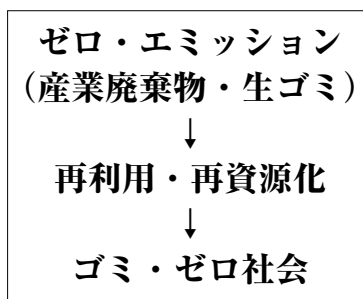


写真3 ゼロ・エミッション会議に参加

平成14年度から今年度の取り組み

- 第3回世界水フォーラム（3年に1度のフォーラムでアジアで初めて開催）に高校生日本代表として、国連教育科学文化機関（UNESCO）、国連食料農業機関（FAO）などから、私たちの研究が地下水汚染で多くの子供達が亡くなっている国々で活用できる可能性があるとの評価を頂き研究発表の招待を受け、世界の方々に英語による研究内容を聞いて頂いた（写真4）。コメンテーターの一人ユネスコのオーレリ先生は、私たちの研究に対し環境教育の実践や宮古島の基幹産業である農業をさらに発展させ地下水保全との共生を目指し、先輩たちから引き継いだ継続研究を高く評価して下さいました。そして、ユネスコなどから名誉ある研究奨励



写真4 英語で研究発表

スコのオーレリ先生は、私たちの研究に対し環境教育の実践や宮古島の基幹産業である農業をさらに発展させ地下水保全との共生を目指し、先輩たちから引き継いだ継続研究を高く評価して下さいました。そして、ユネスコなどから名誉ある研究奨励

賞を頂き環境班メンバー全員で喜んだ（写真5）。



写真5 ユネスコによる研究奨励賞受賞式

平成15年度の研究内容

1. 課題

●有機肥料Bio-Pを使って野菜やサトウキビを栽培している多くの農家の方より、化学肥料のみで野菜栽培するのに比べBio-Pを施肥することにより少ない化学肥料の施肥量あるいはBio-Pのみで野菜栽培が可能となり、Bio-Pの効果を確か出来たがバガスや糖蜜などのエサが分解され無くなった場合、MB-22（リン溶解菌）の土壤中での生存はどうなるのかとの疑問が寄せられた。

原因の追及・文献調査

私たちはBio-Pに含まれているMB-22の土壤中における定着性（生存率）について実験した。

その結果、Bio-Pを処理して約4ヶ月後からリン溶解菌の数が若干下がり、6ヶ月後では著しく下がった（図5）。その原因はバガスや糖蜜などのエサが分解され、さまざまな土壤要因により死滅したものと考えた。

そこで、文献調査をした結果、木炭などが微生物の住家（キャリアー）として、活用されていることが分かった。

そこに、バガス炭の開発に成功した宮古製糖（株）

伊良部工場（CO₂の永久固定により地球温暖化抑制を目指し琉球大学と共同開発）より、用途開発の研究をしてもらえないかと依頼があった（写真6）。

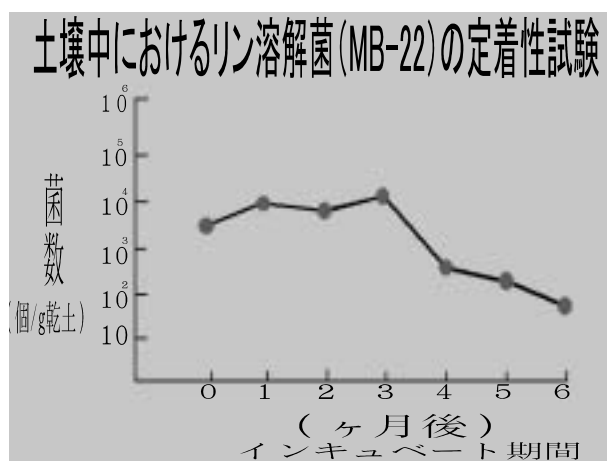


図5 土壤中におけるリン溶解菌（MB-22）の定着性試験



写真6 バガス炭化物

2. 実験・結果

バガス炭をMB-22のキャリアーとして用い、Bio-Pを調整後土壤に処理し土壤中におけるリン溶解菌の定着性について実験した。

その結果、土壤処理6ヶ月後において、リン溶解菌の高い定着率を認めた（図6）。

リン溶解菌が土壤中で、バガスや糖蜜などのエサ

宮古島の命の源である地下水を硝酸態窒素の汚染から守る保全活動

沖縄県立宮古農林高等学校 環境工学科 環境班 代表 大井 純一

が欠乏した後でも高い定着率を認めたことは、キャリアとして用いたバガス炭の物理性に要因があると考え、電子顕微鏡を活用しバガス炭の観察をした。

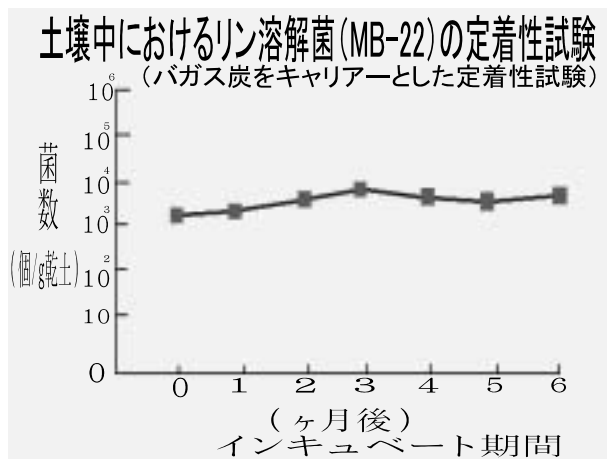


図6 土壤中におけるリン溶解菌 (MB-22) のバガス炭をキャリアとした定着性実験

その結果、バガス炭はポーラス状でたくさんの細かい空隙があることを認めた (写真7)。つまりMB-22は空隙の中でバガスなどをエサとして増殖しながら有機酸を生成し、エサが無くなった後は空隙の中で休眠することにより胞子を形成し、生存に不利な土壌要因から守られたものと推測した。

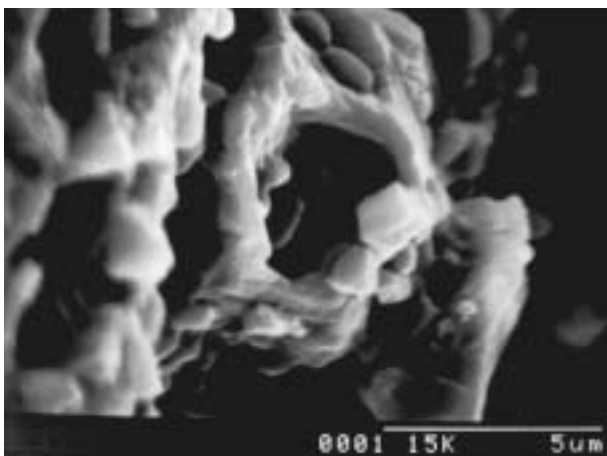


写真7 バガス炭の電子顕微鏡写真

3. ペレット・Bio-P (バイオ・リン)

(1) 農家の方々からの声

Bio-Pに含まれているMB-22の土壤中における定着性を高める目的でバガス炭を活用した方法を開発したが、農家の方々は「バガス炭を活用した発想は素晴らしいがこれでは畑に散布するとき真っ黒になってしまうよ」と、バガス炭の欠点を言われました。

(2) 調べ学習

調べ学習の結果、粒子同士をくっつけた丸い形状を「ペレット」といい、くっつける役目をするバインダーには糖分などのネバネバしたものが良い事が分かりました。

バインダーになる物質を検討し、「砂糖を使ったら」との意見もあった。しかし、コストが高くて実用化にむいてないので、別のもので何かないか考えました。

環境班で相談した結果、「MB-22の餌としてBio-P (バイオ・リン) に添加している糖蜜はどうだろうか? 糖蜜なら無料で大量に入手できるし、その上製糖工場も処分に困っているのでは研究する価値があるのではないのか?」

さっそく、ペレット実験の計画を立てました。

(3) Bio-P (バイオ・リン) 改良実験

メーカーより、ペレット試験機を貸して頂き、実験に取り組んだ (写真8)。最初は、失敗の連続だったが試行錯誤の末、糖蜜を濃度5%に希釈した液が流動性やペレットの成功率がもっとも高いことを認めた (写真9)。そして、土壌に蓄積したリンを解放する機能を持った改良ペレットBio-Pが完成しました (図7)。



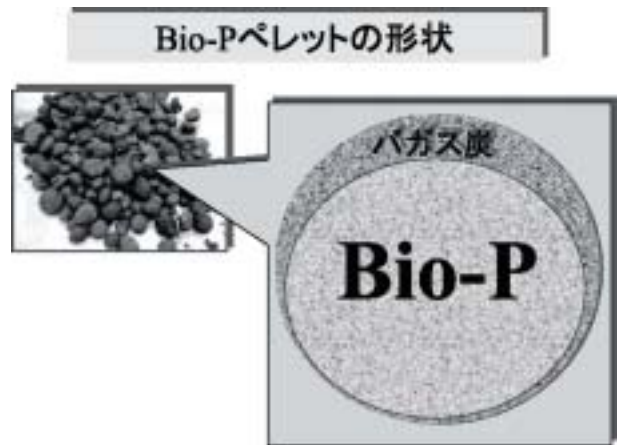
写真8 ペレット製造試験（バガス+バガス炭の添加）



写真9 ペレット製造試（糖蜜5%+MB-22添加）



図7 改良ペレットBio-Pの形状



(4) ペレットBio-Pの特性

化学分析した土壌において、改良したペレット Bio-Pを土壌に処理し、ナスの栽培試験を行った結果（図8）、水に溶けず作物に利用されない難溶性リンが約50倍濃度の土壌で生育促進効果を認めた（図9）。

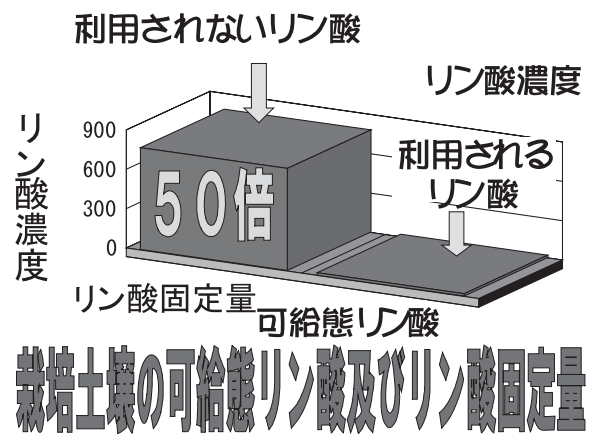


図8 栽培土壌の可給態リン酸およびリン酸固定量

宮古島の命の源である地下水を硝酸態窒素の汚染から守る保全活動

沖縄県立宮古農林高等学校 環境工学科 環境班 代表 大井 純一

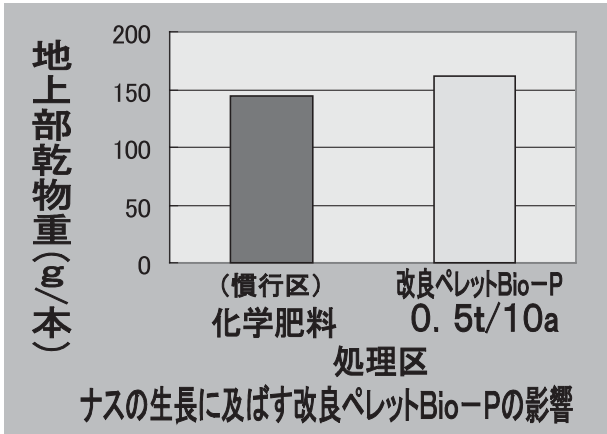


図9 ナスの生長に及ぼす改良ペレットBio-Pの影響

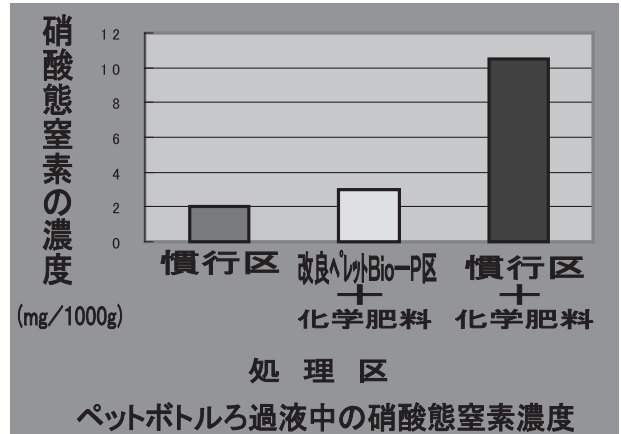


図10 ペットボトルろ過液の硝酸態窒素濃度

4. ペットボトルろ過装置

手作りの実験装置ペットボトルろ過装置を活用し(写真10)、水質調査を行った。

その結果、改良ペレットBio-Pを活用することで硝酸態窒素による地下水汚染の軽減が認められた(図10)。



写真10 手作りのペットボトルろ過装置

5. 地域活動

(1) 学校やお年寄りの栽培実習や花壇造り

小・中・高校からBio-Pを環境学習に活用したいとの要望があった。栽培実習や校内美化にも活用し、生徒達の土壌及び地下水保全に対する意識を高めた(写真11)。

また、体力の落ちてきたお年寄りの方々に、リハビリ代わりにBio-Pを使って、花壇造りをしてもらった。みんないきいきとした顔で楽しそうに取り組んだ(写真12)。



写真11 小学生と栽培実習



写真12 お年寄りの方々と花壇造り



写真14 NHK (地球だい好き・環境新時代)

(2) 水道水源流域で農業をされている農家の方々と、宮古島上水道企業団や東京農大の中西先生とBio-Pを活用し化学肥料に頼らない、環境保全型農業に取り組み、硝酸態窒素の汚染から地下水を守ることに挑戦 (写真13)。

(3) NHK開局50周年特別番組として、地下水保全の取り組みが全国の方々に紹介され、多くの方より「地下水を守り、地域を守るのは皆さんですよ」とたくさんの励ましの声が寄せられた (写真14)。

(4) 宮古島の、地下水保全を島民一人・ひとりに理解してもらおう試み「環境シンポジウム」でBio-Pの研究を発表した。平良市から依頼を受け環境保全CMに私たちが参加し、地下水保全に対する意識改革に役立っています (写真15)。

(5) 地下ダムを管理している宮古土地改良区主催の平成14年度総代会においてBio-Pの研究結果を報告し農家の方々もBio-Pを使い土作りを通して地下水保全に貢献したいとの多くの意見が寄せられた (写真16)。



写真13 農家の方々と環境保全型農業に挑戦



写真15 環境ひらら21CM (コマーシャル)

宮古島の命の源である地下水を硝酸態窒素の汚染から守る保全活動

沖縄県立宮古農林高等学校 環境工学科 環境班 代表 大井 純一



写真16 平成14年度宮古土地改良区総代会

地下水保全を目的とし、Bio-Pを活用し環境保全型農業に取り組んでいる、砂川さんが有機栽培したニガウリを本校の即売会で販売し、地域の方々にも地下水の大切さを訴えた（記事-1）。



記事1 砂川さんと私達が販売した

6. まとめ・今後の課題

この研究により、私たちの住む宮古島の地下水がどれほど危機的状況にあることが分かりました。そしてその原因が、普段農業で何気なく使っていた化学肥料の中に含まれている余分な硝酸態窒素が、地下水に溶け出して宮古島の命の源である地下水を汚染していることも分かりました。またその対策として、私たち環境班は有機肥料（Bio-P）を使うことで、化学肥料の低投入型施肥技術を確立して、持続的な農業を目指しています。

それには、農家の方々の協力やもっと有機肥料（Bio-P）の普及、そして有機肥料（Bio-P）の大量生産のために、工場の建設などに力を入れています。

私たち環境班は、先輩達から受け継いだ土壌蓄積リンの再利用の機能を有する有機肥料の研究開発成果を、宮古島の未来のために役立てていきたいと思っています。そして今まで以上に有機肥料（Bio-P）の改良に取り組み、地域の農家の方々とも連携をとって、さらなる発展をしていきたいと思っています。