〈第 38 回山崎賞　児童・生徒の部〉

ダンゴムシと土壌改良

静岡県立浜松西高等学校・中等部
３年　八木大地

１　動機

本研究を始めた動機は、清掃時間に落ち葉を食べるダンゴムシを見つけたことがきっかけだった。今世界では化学肥料を使用した農法より有機農法の方が良いと言われている。
なぜなら、有機農法の方が、できた食材の品質が良いため有機農法の食材の人気が高まっているからだ。しかし、何をもって有機農法となるのかわからないうえ、農薬を使わなければ品質が良くなるのかというとそうではない。そこで僕は、有機農法とは自然の力を使っているから品質が良くなるのだろうと考えた。

そこで、僕は清掃中に発見した落ち葉を食べるダンゴムシに注目した。普通、土壌の肥沃度を上げるならばミミズなどが有名だろう。僕は、ダンゴムシを発見した時から、落ち葉をダンゴムシのいるところに集めるようになった。するとダンゴムシは３，４日でどんなに多くの落ち葉を集めておいても分解してしまった。このことからダンゴムシには、ミミズよりも短時間で、大量のものを分解し、土壌をより豊かにしてくれるのではないかと思い、研究を行った。

３年生では,母の会社の方からモンテネグロというヨーロッパの国に生息している､モンテネグロダンゴムシを入手したため、世界のダンゴムシと日本のダンゴムシで、土壌の肥沃度の向上に何か違いがあるのかも調べた。また、この３年生の実験は市販の土を使っていない。

２　実験方法

（1）１・２年で行った実験

ア　使用器具

（ア）飼育ケース
（イ）カメラ
（ウ）水をあげるためのペットボトル
（エ）トマトの種
（オ）トマトを育てるための鉢
（カ）トマトの長さを測るための巻き尺

図１：実験で使用した
オカダンゴムシ

イ　実験方法

次の５つのグループに分けて実験を行った。

表１：１・２年生での条件設定

	A	B	C	D	E
ダンゴムシの数	100	100	25	0	0
餌	野菜等の残飯	落ち葉	落ち葉	落ち葉	なし (土のみ)

この状態で１年間、餌や水などを補充し、写真を撮りながら実験を行った。また、SOFIX という企業に、土 250ｇ送って成分をそれぞれ調べた。その後、実験で使った土を用いて、トマトを生育した。

（2）３年生で行った実験

ア　使用器具

（ア）　飼育ケース

（イ）　カメラ

（ウ）　ダンゴムシ用の霧吹き

（エ）　トマトの種

（オ）　トマトを育てるための鉢

（カ）　トマトに水をあげるためのペットボトル

図２：実験で使用した
モンテネグロダンゴムシ

イ　実験

次の２つのグループに分けて行った。

表２：３年生での条件設定

	A	B
ダンゴムシの種類	オカダンゴムシ	モンテネグロダンゴムシ
ダンゴムシの数	50	50
餌	野菜などの残飯	野菜などの残飯

この状態で約１年間、餌や水などを補充し、写真を撮りながら実験を行った。また、こちらもSOFIXに土250ｇを送って成分をそれぞれ調べた。その後、実験で使った土を用いて、トマトを生育した。さらに、収穫できたトマトの糖度も測定した。

３　結果

（1）１・２年生の結果

SOFIXの診断結果から総細菌数順、多い方から順にA→D→C→E→Bという結果になった。Ａの総細菌数は、Ｄの約２倍だった。しかし、それ以外は、あまり差がなかった。

また、ＡからＥ全てでリン循環活性評価値が適正値に達していなかった。

トマトの生育状況とSOFIXの診断結果は次のようになった。

表３：１・２年生のSOFIXの診断結果

	A	B	C	D	E
総細菌数(億個/g)	15.1	6.5	7.1	8.6	7.6
リン循環活性評価値	18	16	11	11	15
全炭素量 (mg/kg)	85,500	117,800	94,570	115,600	99,650
全窒素量 (mg/kg)	8,717	10,923	9,990	10,968	10,991
pH値	4.7	5.3	5.1	5.1	5.1
発芽順	1	1	5	1	1
成長速度順	2	3	4	1	5

※１年生の時はトマトをまいておらず、２年生の時はトマトの実がなっていない。

（2）３年生の結果

どちらにおいても、総細菌数がとても少なかった。オカダンゴムシ、モンテネグロダンゴムシではあまり差がなかった。また、１・２年の時と同様にリン循環活性評価値が低かった。

トマトの生育状況は次のようになった。

表４：３年生のSOFIXの診断結果

	A(オカダンゴムシ)	B(モンテネグロダンゴムシ)	C（何もしていないもの）
リン循環活性評価値	0	0	データなし
発芽順	1	2	3
成長速度順	2	1	3
開花順	1	2	2
結実	×	○	×

実ったトマトは、右のようになった。(図３）
色は黄色くなったが、半分くらいのところで大きく裂けてしまっている。このトマトの糖度が気になったので調べてみた。糖度の比較ではミカンと市販のトマトを用意した。僕が育てたトマトは、もともと赤くなる種類だったが、あまり育たず、黄色の状態で裂けてしまったため、あまり糖度がないと思っていたが、予想外にも次のような結果になった。

図３：実ったトマト

表５：糖度の結果

	糖度
Bのトマト	6.3
市販のトマト	7.0
ミカン	12.2

4　考察

（1）１・２年生の実験

リン循環活性評価値が適正値に達していない主な原因は、「pH値が適正ではない」ことであると思う。なぜなら、全ての試料でpH値が適性範囲に入っていなかったからだ。しかし、このpH不足がリン評価値の全てを決めているとは思わない。それはpH値とリン評価値には関連性を見いだせなかったからだ。その証拠に、AはpH値が１番小さく酸性よりだったが、５つの試料の中ではリン循環活性評価値は１番高かった。さらに、BはpH値が１番高く結果の中で一番酸性が弱かったのに、５つの試料の中ではリン循環活性評価値は２番目に高かった。(表３）

pH値がリン評価値の全てではない原因は、僕がA～Dに落ち葉や卵の殻をいれたからかもしれない。リンはカルシウムに吸着しやすいためだ。また、ＡやＢはダンゴムシを最初に100匹入れたものである。もしかしたら、ダンゴムシが土にリンを供給してくれたのかもしれない。

さらに共通して足りない項目として、アンモニア酸化活性があった。そして、それに伴ってだいたい含水量も減ったり増えたりしている。さらに、pH値の変化と窒素の変化にも関連があるように見られた。より強く酸性に傾いている土ほど全窒素量が多く、そんな土ほどアンモニア酸化活性が低かったのだ。

窒素は、普通土の中にいる細菌によってアンモニアに変換され植物に供給される。しかしこの診断ではその真逆のことが起きたのだ。もしかしたら、より強く酸性に傾いた土によって細菌が窒素をアンモニアに変換できなくなってしまったのか、その細菌のアンモニアに変換する能力が低下したのかもしれない。そうなってしまったということは十分にあり得るだろう。僕が、SOFIX診断を通して気付いたのは次の２つだ。

・リンはダンゴムシによって供給されているのかもしれない。

・より強く酸性に傾いた土は細菌が窒素をアンモニアに変える働きを抑制するのかもしれない。

次にトマトについて考えていく。AからEまでの発芽状況と成長スピードの順位と診断結果を比べていくと、総細菌数は順位とは関連性がないように見られた。つまり、細菌数＝順位とは必ずしもならないわ

けだ。次に全炭素量は、関連性があるように見えた。つまり鍵は炭素なのではないか。炭素は、微生物によっても供給されることがあると聞いたことがある。ということは微生物が直接的ではなくても間接的に関わっているのだ。

しかし、１番総細菌数が多いＡは１番炭素量が少なくなっていた。これについて、考えた結果「微生物の種類に偏りがあった」という仮説にたどり着いた。微生物には多くの種類があり、そのすべての微生物が炭素を作れるわけでなく、その一部の微生物が炭素を作れるのではないか。ということは、この偏りが発生しているということは何か原因などがあるはずだ。

僕はダンゴムシに餌を与えたことが原因の１つであるとみている。この実験で他と条件が違い、結果に影響を大きく与えそうな要素だと考えられるからだ。なぜなら以前、ダンゴムシの糞には特殊な細菌が住んでいるということを新聞の記事で読んだ。これらのことからダンゴムシの中にもいろいろな種類の細菌がおり、それらによって土に与える影響が様々であるということが考えられる。

さらに、Ａはダンゴムシの死がいがほぼ残っていなかった。炭素は死骸からも土へと吸収されるらしい。ということはもしその死骸をダンゴムシが食べていたとしたら、炭素が減るのも当然である。その証拠にＡより炭素が高い試料には死がいがたくさん残っていた。Ｄの場合は落ち葉なので死がいはなかった。

次に、ダンゴムシとの関係についてもまとめていきたいと思う。

ダンゴムシがいたのは、Ａ、Ｂ、Ｃである。（表１）この３つの成長速度順は、ＢとＣではあまり大きな差がなかったが、Ａが２位、Ｂが３位、Ｃが４位だった。他のＤ、Ｅの順位と比べても１番は取っていないものの上位に食い込んでいるのがある。そして、さらに気になったのが、Ａのダンゴムシは急に大きく成長した。僕はこの要因は余剰有機物によるものだと考え、その余剰有機物が分解されきってその効果が出たのだろうと考えている。

このように、ダンゴムシはトマトの生育に影響を与えていることが分かった。

（２）３年生の実験

SOFIXの診断結果では総細菌数以外、１・２年生と比べて値が多い項目、値が少ない項目というのは変わっていなかった。例えば、リン循環活性評価値の数値は適正値に比べて明らかに少ないということは変わっていない。しかし、値が多い項目、値が少ない項目は変わっていないとはいえ、リンの量が著しく減っており、「生物性に関する項目」で見たときにリン循環活性評価値が「０」となっていた。これはオカダンゴムシだけでなく、モンテネグロダンゴムシも共通している。

１・２年のデータを見たときに「18」，「16」，「11」，「15」などの数字が並んでいたのに３年はそれにくらべて約10、20も下回っている。この低下の幅は総細菌数の低下の幅に似ており、このリンの低下は、急激に総細菌数が減った原因の一つだと考えている。

他にも、リン低下の原因として考えられるのは黒ボク土だ。黒ボク土とは、火山灰などで構成された土地で日本や南米、北米、アフリカの一部地域またはニュージーランドなどにあり、リンが固定されやすく、自由に動けるリンが少なくなっている土のことである。他にも特徴的な土壌になっており、細菌のDNAなどに影響を与えることでも知られている。今回用いた土は、富士山のすぐ近くの林で採取しており、分布図を見てみるとそこが黒ボク土の林だったことが分かった。

元々日本にいるオカダンゴムシの方は、総細菌数が0.9とモンテネグロダンゴムシの0.6と比べてやや多くなっていた。なので、黒ボク土にいるその地独自の細菌が、いきなりダンゴムシが出現したことにより体がその変化に耐えられず、死んでしまったということが考えられるだろう。

ヨーロッパに、黒ボク土はないため、モンテネグロダンゴムシの糞の方がオカダンゴムシと比べて黒ボク土にいる独自の細菌との相性が悪かったのではないだろうか。

図４：カビ発生のようす

また、黒ボク土以外にも、総細菌数が著しく減少した理由が

あるのではないかと考えた。それはカビだ。３年は１・２年と比べて餌の量や、与えた餌の種類を多くしたため、比べるとカビが多く発生していた。これは、可能性としては低いと思うが発生したカビの中に細菌を殺すもしくは増加するのを阻害する菌がいるのかもしれない。

カビの量が多かったのは、どちらのダンゴムシも同じだった。オカダンゴムシとモンテネグロダンゴムシの糞に防カビ作用があるか確かめるために置いた、ミカンの皮には白カビや青カビなどが生えていた。ミカンの皮に生えた菌の中に細菌を殺すなどの性質を持った菌がいたのかもしれない。

カビ以外にも、オカダンゴムシよりモンテネグロダンゴムシの方が、野菜の傷み方で見ると、より腐敗していたように見えた。また、あまり見たことのない虫がどちらの飼育ケースにもとても多く発生していた。この虫は、羽虫のようなものであり、１・２年の時にもこのような虫は、少なからず飼育ケースにいたのだが、それにしても今回の飼育ケースにいる虫の量はとても多かった。これらも総細菌数が著しく減ってしまった原因の一つなのかもしれない。

これらのことから、黒ボク土の肥沃度をダンゴムシで上げるのであれば、オカダンゴムシ以外のダンゴムシの種類を使用するのはやめておいた方が良いだろう。ただし黒ボク土は、細菌の種類の偏りなどが見えるため、あまり作物などを育てるのに適していないと考えられる。そのため、もしダンゴムシを使って土壌の肥沃度を上げようと思ったら、黒ボク土の使用はやめておいた方が良いと思う。

さらに、カビの可能性を考えると、ダンゴムシが入った飼育ケースをあまり湿度が常に高い場所に置かない方が良いだろう。羽虫についても同じことがいえるので、ダンゴムシを飼育して、土壌の肥沃度を上げる時には、極力常に湿度の高い場所に置かず、羽虫が入らないようなところに置くのが望ましいだろう。

以上より、残飯を腐らずに処理できるほどのダンゴムシを用意することで、効率よく土壌の肥沃度を上げられると思う。

次に、トマトについてだ。トマトの生え方でオカダンゴムシとモンテネグロダンゴムシでは違いが出ていた。モンテネグロダンゴムシの方が４つ一気に生えてきたのに対し、オカダンゴムシの方は一本ずつ長い時間をかけて生えた。原因は不明だが、モンテネグロダンゴムシには、オカダンゴムシにない、何か特別なものがあるかもしれない。

両方のダンゴムシを入れて育てた土は入れていない土と比べて柔らかくなっていた。これはダンゴムシが働いた結果によるものだと考えた。ダンゴムシの糞は小さく柔らかい、ダンゴムシが土の中を動くだけでも、土は耕されていく。そのためダンゴムシがいた土は、どんどん耕され柔らかくなっていくのだと思う。

ダンゴムシがいる土が柔らかくなると、それだけで良いことがある。土が柔らかければ植物は根が張りやすく、水はけも良くなる。さらに、土壌から栄養素を取り出そうとするとき、土壌が柔らかければ取りやすさも上がると考えられる。この結果から、ダンゴムシがいるだけで土壌が耕されるということはそれだけで土壌の肥沃度を上げるのに寄与しているということになる。

３年の研究では、１・２年のものとは違い、実が１つなった。しかし、３年のものは１・２年のものよりトマトの背丈が低かった。１・２年の時は屋内で栽培していたトマトを、３年では屋外で栽培していた。よって、背丈が低かった原因として考えられるのはこの年の気候でないだろうか。この年は、食物を育てるのに適していない、気候であり、激しい豪雨も多くある年であった。そのため、今回は背丈が全然伸びなかったのだろうと考えている。食物に水をあげなければ枯れてしまうのは事実だが、水をあげすぎると枯れてしまうのもまた事実である。人間も、水の飲み過ぎで死ぬということもある。また、雨が多いと日照時間も少なくなってしまう。日照時間も関係しているだろう。日照時間が長ければ長いほど、光合成を活発に行い、より背丈を高くするのに必要なエネルギーを得られるからだ。しかし、日照時間が少ないとあまり得ることが出来ない。

次に、トマトの花についてだ。最初にオカダンゴムシに花が咲き、モンテネグロダンゴムシ、何もしていないものがその後に続いた。これは、日本特有のオカダンゴムシの糞が起因しているのではないかと考えた。しかし、オカダンゴムシや何もしていないものはすぐに花が落ちたり、枯れたりしてしまった。こ

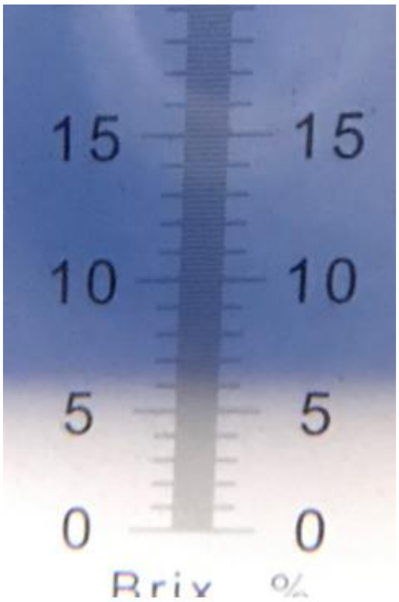
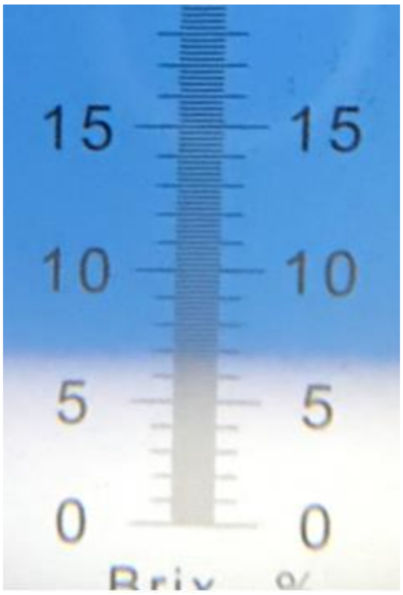
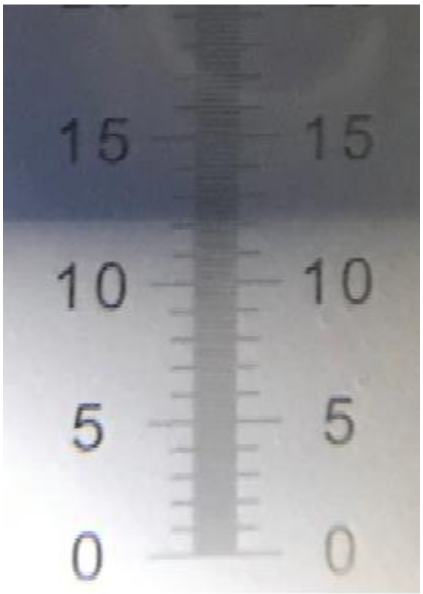
の原因として思いあたるのは、水が過多になってしまった、もしくは少なすぎたということが考えられるが、それに関してはモンテネグロダンゴムシも同じことなので、他の原因も考えられる。

モンテネグロダンゴムシは他のものとは違い実がなった。これは、モンテネグロダンゴムシの糞により土のpH値が最適な値になっていた、もしくは糞により土と植物との栄養の受け渡しがスムーズに行われていたのではないだろうか。

この実験での、ダンゴムシの条件では、違いは糞だけのため、別の原因でこのような結果になったとは考えにくい。オカダンゴムシは日本にいるダンゴムシのため、日本においてはモンテネグロダンゴムシの糞より、植物を飼育するのにおいて適していると思っていたのだが、この研究結果からその仮説が間違っていたことが分かった。

最後に糖度についてだ。簡単に糖度について説明しておくと糖度とはその名の通り、どれくらい甘いのかを数値化したものである。平均でいうと、トマトが４から６、一般的な果物が10以上である。モンテネグロダンゴムシのトマトはあまり熟れていないにもかかわらず、市販のトマトに迫る糖度があり驚いた。ミカンを入れたのは、正常にこの糖度計が機能しているのかを確かめるためだが、ミカンは普通に10以上になっていることからこの糖度計は正常に機能していることが分かる。

表６：糖度計の値を示したもの

		
モンテネグロダンゴムシのトマト	市販のトマト	ミカン
6.3/Brix.	7.0/Brix.	12.2/Brix.

よって、この結果からダンゴムシの糞はトマトの糖度を上げるのに寄与することが分かった。

このようにオカダンゴムシとモンテネグロダンゴムシの糞の考察、そして、ダンゴムシの糞による植物の発育の違いを確かめることが出来た。

５　まとめ

ダンゴムシは、植物の生育などを促すことが出来ることや、オカダンゴムシの方がモンテネグロダンゴムシより地域に沿っているためより植物の生育を促すのではないかという仮説が間違っていたことなどいろいろなことが分かった。調べていく中で黒ボク土などの知識も得たため、知らないあるいは予測していないような原因により、リン循環活性評価値がとても少なかったことや、３年の時に総細菌数が少なかったことなど意図していない結果になってしまった可能性が十分ある。

しかし、ダンゴムシがいる土では、土が柔らかくなるといったことなど、植物にとってメリットになることを実験で確認することができた。

ダンゴムシを使って、土壌改良をすることが出来たらいろいろな野菜を育てることができるし、肥料を使わずとも手軽に土壌の肥沃度を上げることができ、有用であると思う。今後もこの研究を続けていき、疑問点を解消しながら、ダンゴムシの有効性を示していきたい。