

環境奨励賞

地学部門

土ってなんだろう III

浦添市立前田小学校 6年 宮 城 愛華音

期間：7月20日～8月25日

いつも身近にある土。

でも、土のことをどれくらい知っているかなって、考えてみると、意外と知らないことがたくさんある。

土は畑・校庭・林といろんな場所にある。けれど、それぞれちがった性質や役割をもっているんだよ！

結果

土はいちばん下に小石・土の粒・砂が沈んでいて、中間にはシルト、その上には目に見えない沈まない粒・粘土でできていることがわかった。

疑問

あれ？ 水面になんだかいろんなものが浮かんでいる！ これはいったい何？ 調べてみよう！

土ってなんだろう

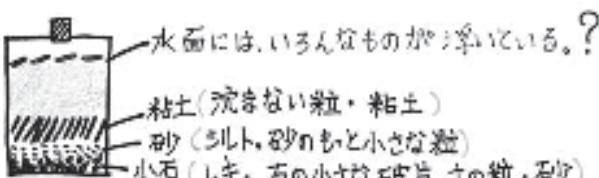
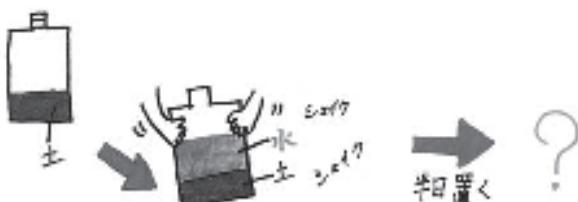
観察 土の粒を調べよう！

＜用意する物＞

ペットボトル・水・畑の土・スコップ

方 法

- ① 畑の土を少しあと、ペットボトルに入れる。
- ② ①に水を入れ、フリフリシェイクする。
- ③ 半日置いて、観察する。



観察 水に浮かぶものの正体は？

＜用意する物＞

林の土・半分に切ったペットボトル・割りばし・水・ザル・新聞紙

方 法

- ① 半分に切ったペットボトルに土と水を入れ、かきまぜる。
- ② にごった水をすて、また水を入れかきませる。それを2～3回繰り返す。
- ③ 水面に浮いているものを、ザルをこす。
- ④ 新聞紙に広げて観察する。

結 果

＜水面に浮いているもの＞



水面に浮いているものを観察してみると、粉々に分解している落ち葉・分解途中の落ち葉・枯れ枝・植物のタ

ネなどが浮いていた。

土は小石・砂・粘土だけでできているのではなく、このような有機物からできていることがわかった。



林の落ち葉をめくってみると、いろんな虫たちがウヨウヨしている！
そういえば、水面に浮かぶものの中にアリの死体があった。これも土と何か関係があるのかな？

林の秘密

秋になると地面にはたくさんの落ち葉が積もっている。林の中を歩いてみると、“シャカシャカ”音がして、気持ちがいい。

でも翌年の春から夏にかけては、落ち葉はほとんど見ることができなくなる。毎年のように落ち葉がふり積もるのに、なぜ林の中は落ち葉だらけにならないのだろう？

観察 林の落ち葉を観察しよう！

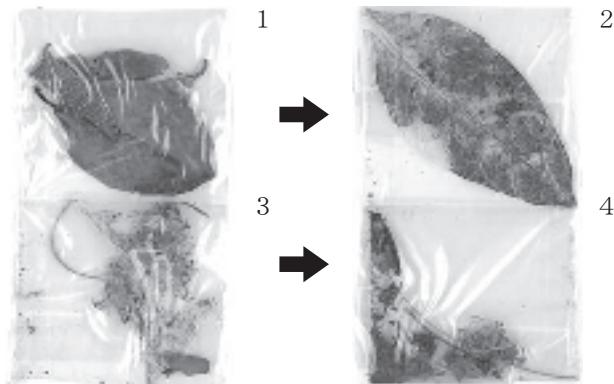
＜用意する物＞

ビニール袋・軍手・虫めがね

方 法

- ① 林の落ち葉を集めて、ビニール袋に入れる。
- ② 小さな破片がでてきたら、ビニール袋に入れる。

くだけて分解していく落ち葉



結 果

林の落ち葉を少しづつめくっていくと、下にいくほど落ち葉が小さくなっていく。

また、落ち葉は時間とともに分解されて細かくなっていくことがわかった。

疑 問

落ち葉が分解していくのは、雨や風の「自然の力」？ それとも「他」にあるのかなあ？
もう一度林に行ってじっくり観察してみよう！

観察 林の掃除屋さんは誰？

＜用意する物＞

軍手・ビニール袋・虫めがね・記録ノート

方 法

- ① 少しづつ落ち葉をめくっていく。
- ② 気づいたことを記録する。

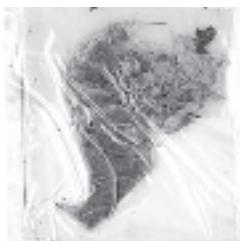
記録ノート

- ・落ち葉をめくっていくと、“カサ”“カサ”と何か音がする。音のする所へ近づいてみると、ヤモリに似た生き物が急いでいる！
- ・もう一度落ち葉をそっとめくってみると、ダンゴムシやアリの大群がせまってきた！
- ・別の場所をめくってみると、ハサミムシやカタツムリも発見した。
- ・少し土をほってみた。土の中ではミミズの姿があった。
- ・林の土は畑の土に比べると、手ざわりがフワフワしていて、掘りやすい。またとても軽い。そして真っ黒だ！
- ・落ち葉についている白い固まりを発見！ これって掃除屋さんのしわざ？



図鑑 白い固まりは何？

図鑑で調べてみると、この白い固まりはカビ！ カビは糸のような形や丸や棒のような形をした細菌で落ち葉をとてもよく分解してくれる。土の中で生活している体の小さい植物や動物以外の生き物 → 土壤微生物という生き物だ。



- ・ミミズやダンゴムシ・ハサミムシ・ダニなどの生きものは落ち葉を食べて、土の中で生活している。このような動物を土壤動物とよんでいる。

ミミズやヤスデなどの大きな土壤動物は落ち葉や微生物を食べてフンをする。そのフンは栄養豊かな土にもどしてくれる！

結 果

記録ノートからもわかるように、林の落ち葉を分解していたのは、カビなどの微生物、土壤動物、昆虫などが落ち葉を食べていたからなんだ。

林の掃除屋さんは、あなたたちだったんだね。いつもき

れにしてくれてありがとう！



林の土が黒いのは

上のような土壤動物や土壤微生物が動物や植物が死ぬと、それらを食べて養分にしやすいように分解する。

その時にできた養分のもとになるものが腐植。腐植は土を黒くする。だから林の中の土は真っ黒なんだ！

腐植 = よい土

田んぼの土

次は田んぼの土のひみつを探ってみよう！ 前田小学校にある田んぼを観察してみよう!!

観察 田んぼの秘密



<前田小学校の田んぼ>



<畑>

お米をつくる田んぼと野菜をつくる畑とでは土にちがいがあるのかな？

田んぼの土のひみつを探ってみよう!!

田んぼの土 VS 畑の土	
<田んぼの土>	<畑の土>
調べた結果 ① 土は黒っぽい灰色をしている。 ② 手ざわりはべとべとしている。 ③ 土の表面を押してみると、指のかたちが残った。 ④ 少しおいが臭かった。 ⑤ 水はヌルヌルしている。 ⑥ 水の色は濃い緑色をしている。	調べた結果 ① 土は濃い茶色をしている。 ② 手ざわりはしっとりしている。 ③ ゴーヤーや雑草が生えている。 ④ 小さい粒、大きい粒がまざっている。 ⑤ 落ち葉、枯れ枝などの有機物が多い。

実験

前田小学校の田んぼの土を少し持ち帰った。サンプルにしようと思って、三日間、天日に乾かしていた。すると、黒っぽい灰色だった田んぼの土がだんだんと畑の土と同じような茶色に変身していった。

え～～っ!! と私は思った。

もしかしたら水が入っている田んぼの土は、空気とふれさせると畑の土の色に変身するのでは？ と考えた。

またそれと反対に畑の土を田んぼの土に変身させるには、田んぼの土と同じ条件にする。

つまり空気と水に入れるといいのかなと思った。そこで次のような実験をしてみた。

実験 変身！ 田んぼ → 畑へ

<用意する物>

田んぼの土

方 法

- 田んぼの土を机の上に置き、一週間そのままにしておく。空気にふれさせる。



結 果

空気ふれさせた田んぼの土は、少しずつ畑の土の色に変身していった。

やったあ～！ 大成功

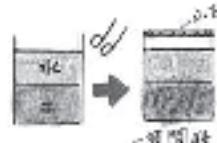
実験 変身！ その2 畑 → 田んぼへ

<用意する物>

畑の土、水、半分に切ったペットボトル容器、砂糖、ラップ、輪ゴム

方 法

- 容器に畑の土を半分入れる。
- ①に同量の水を入れる。
- 砂糖スプーン2杯入れる。砂



糖は土の中のバクテリア(細菌)のえさになる。

④ ラップでふたをして、一週間そのままにしておく。

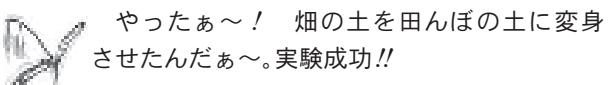
結果 2

畑の土は最初濃い茶色だったけど、5日目からだんだん灰色になってきた。

またうす茶色だった水の色が緑がかって茶色に変化していった。水を少しすくってみると、ヌルヌルしていた。

土はベトベトしていて、田んぼの土と同じような手ざわりになっていた。においをしてみると、鼻にツーンとして臭かった。

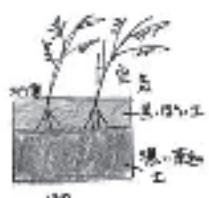
「あっ、これは田んぼの臭いと同じだあ～」



田んぼではいつも水をひいているから、新鮮な酸素をふくんだ水が土の表面を流れるので、土の表面は濃い茶色になる。でもその下は酸素不足になって灰色から青に変わっていく。

田んぼの土の色のおもな原因是人間がイネを育てるために、わざわざ田んぼに流しこんだ水に秘密があったんだ！

だから田んぼの土は人間の力で土の性質をかえてしまった土。人工の土である。



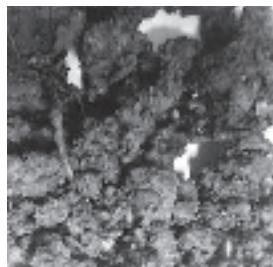
田んぼの土から畑の土へ変身していく様子

<田んぼの土>

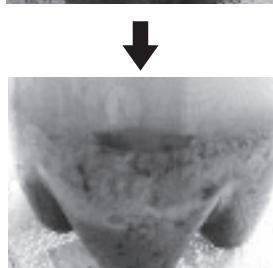
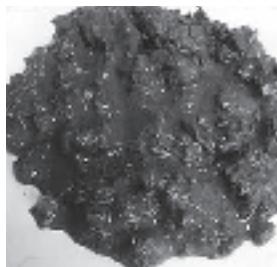


畑の土から田んぼの土へ変身していく様子

<畑の土>



一週間後



実験 田んぼのひび割れ



<前田小学校の田んぼ>

ひび割れを作ろう

<用意する物>

田んぼの土・畑の土・校庭の土・赤土・水・半分に切ったペットボトル・スプーン・あみ・小さいバケツ・シャーレ

方 法

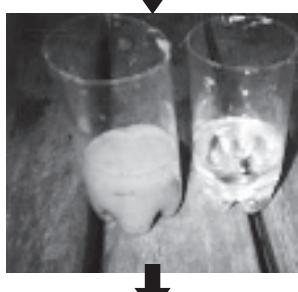
- ① 200g の土をあみでこす。
- ② 同じ量の水を①に入れて、どろどろになるまでかきませる。
- ③ シャーレに②を流し入れる。
- ④ 天日でかわかし、かわいたのちに表面を観察する。

上手にひび割れを作ることができるかな？

<ひび割れ(作り)>



- ① 200gの土をあみでこして小石・葉などを取りのぞく。



- ② 同じ量の水を用意する。



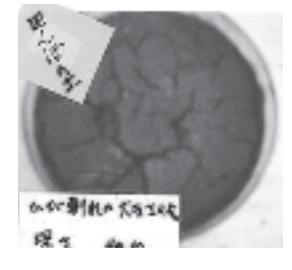
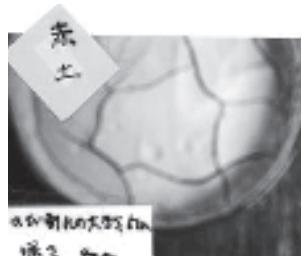
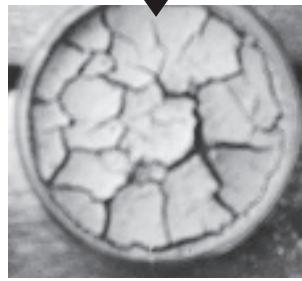
- ③ ②をバケツに入れ、どろどろになるまで、かきませる。



- ④ シャーレに流し入れ、天日でかわかす。



ひび割れの大きさ 5 cm
深さ 4 mm



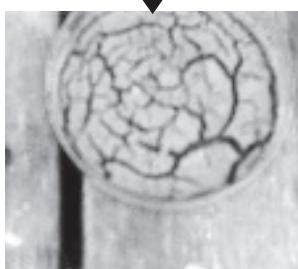
結果

サンクラック

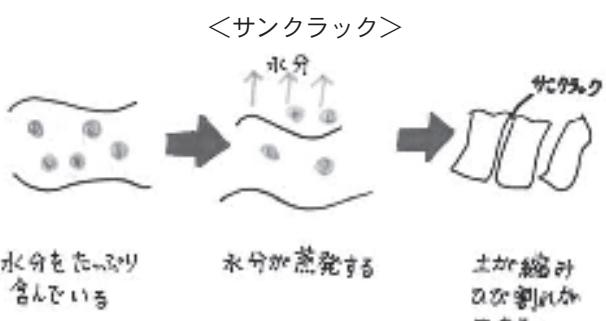
土の表面にできたひび割れを→サンクラックという。
サンクラックは、畑・校庭・赤土にもできた。

かわいていくにしたがい、細かいひびが入り始めた。ひび割れた土の固まりは四すみが上にもりあがっていた。土の断面は下に砂(シルト)、上には粘土である。シルトや粘土は水をふくむと体積がふえ、弾力が増す。かわくと縮んで弾力がなくなり、固くなる。

このように土はシルトや粘土など、細かい粒でできているから、サンクラックとよばれるひび割れができる。また、土によってサンクラックの大きさ、深さが違うことも分かった。



ひび割れの大きさ 3 cm
ひびの深さ 3 mm



田んぼの土は
人と自然が長い時間をかけて作りあげてできた土！
人工の土である!!

土で遊ぼう!!

光る泥だんご

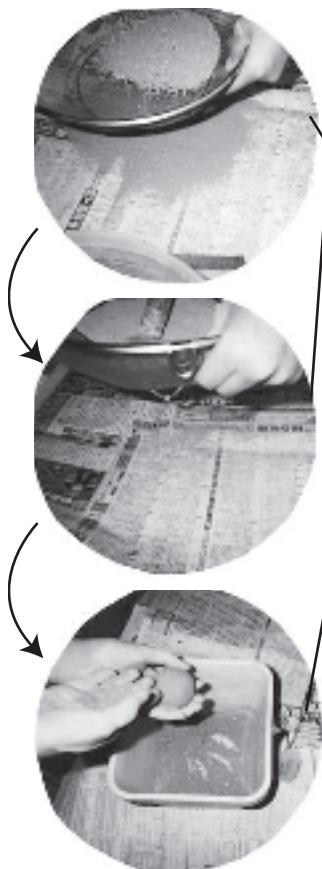
赤土と林の土を使って、泥だんご作り



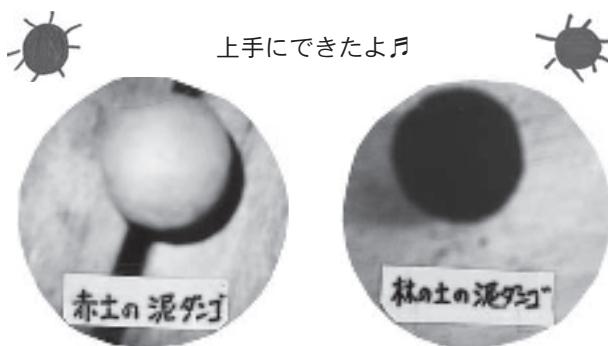
<用意する物>

赤土・林の土・バット・ネット・水・布

方 法



- ① 葉っぱ、植物の根、虫などを取りのぞく。
- ② ①を3つに分け、ひとつはそのまま、もうひとつはネットでこして細かくする。ひとつに水を入れて泥水をつくる。
- ③ 泥水を両手でぎってダンゴを作る。
- ④ ③のダンゴにかわいた土をかける。軽く表面をなでる。また土をかける。
- ⑤ 仕上げの細かい土をかけ、最後に布でみがく。

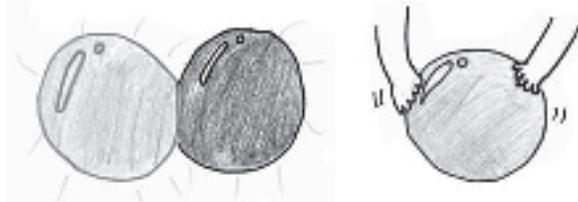


結 果

土の中に含まれている粒の大きさの割合によって手ざわり、土の固さがちがう。また、林の土は水分を保つ力があるので、作っている途中でくずれたりして、むずかしかった。

出来た泥だんごは、少し湿らせたタオルに包んでビニール袋に入れ、保存した。

次はいろんな場所の土を採集して、色とりどりの光る泥だんごを作りたい。



実験 保水力

林には水分が多く含んでいることがわかったが、どれくらいの保水力があるのか調べてみよう！

<用意する物>

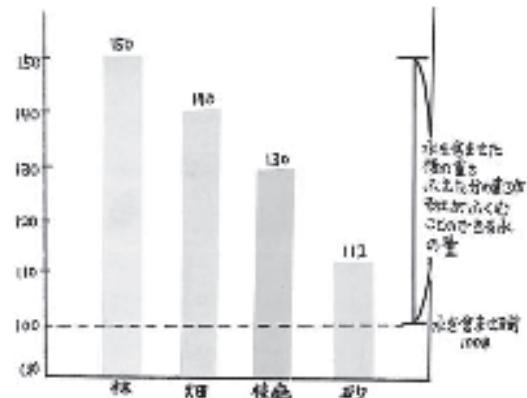
林の土・畑の土・校庭の土・砂・半分に切ったペットボトル4本・あみ・輪ゴム・シャーレ4つ・バット・水・キリ・計り

方 法

- ① ペットボトルを半分に切り、底に穴を開ける。
- ② 底にあみをまき、輪ゴムで止める。
- ③ ②にそれぞれの土を100gずつ入れる。
- ④ シャーレに水をはって、そこに土を入れた容器を置いて、一晩おいて観察する。
- ⑤ ④を持ち上げて、水がもれなくなったら重さを量る。



<保水力調べ>



結 果

一晩置いて観察してみると、林の土の水分がほとんどなくなっていた。

ところが砂は水をあまりふくんでいなかった。このことから、林の土は水をすい上げる力があり、また保持する力もあることがわかった。

<団粒と植物>



観察 煙の土 VS 固くした土

団粒のたくさんある土で、水はけ、水もちがよい土が植物はよく育つ。

では、実際に烟の土と固くした土を使って、二十日大根を育ててみよう！

<用意する物>

烟の土・二十日大根の種・牛乳パック2つ・すりこぎ

方 法

- ① 半部に切った牛乳パック2つに、烟の土を入れる。
- ② ひとつはそのまま種をまく。
- ③ もうひとつは、すりこぎで土をたたき固める。種をまく。



結 果

土の固さも作物の育ち方にえいきようする。固すぎる土と水はけが悪く、空気も足りなくなる。よって、作物を育てるには、団粒こうぞうで水はけ、水もちのよい土が植物がよく育つことがわかった。

実験 バウンド

⑦林 ⑧校庭 ⑨砂場 ⑩駐車場で、ボールを落としたら何センチはねかえるかを調べる。どの場所が一番高くてねかえるかな？

<用意する物>

長い棒にメジャーをつけたもの・ボール

方 法

- ① それぞれの場所に、100センチの高さからボールを落とす。

② ボールがはねかえる高さを記録する。



⑦林



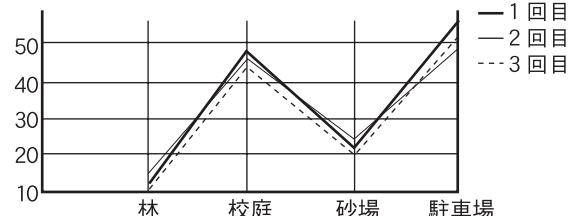
⑧校庭



⑨砂場



⑩駐車場



林の土ははねかえない。駐車場は一番よくはねかえた。このことから、作物をつくる林や烟はやわらかい土でないと作物がよく育たない。校庭の土は固くないと走ったりすることができない。ローラーを使って土を固めている。

駐車場はやわらかい土だと車が走ることができない。人も歩きにくい。土はみな、それぞれに役割をもっている。

実験 雨を降らせよう

雨が降った後、くぼんだところに水たまりができる。でもその水たまりは、いつの間にか消えている。いったいどこへいったのかな？

いろんな土に雨を降らせてみよう。

<用意する物>

牛乳パック3本・水・時計・スコップ・ものさし

方 法

- ① 烟、砂場に30cm四方、深さ20cmの穴を掘る。

- ② そこに牛乳パック3本分の水を入れる。
- ③ 入れたらすぐ時計を見て、水が完全にしみ通った時間を見る。



結果

土に牛乳パック3本分の水を入れ、完全にしみ通るまで時間は38分。

砂は11秒だった。雨が降った後の水は少しずつ土にしみしていく。砂は砂と砂のすき間がひろすぎて、水もちが悪い。砂場はいつまでも水たまりがあると遊ぶことができない。

土は日照りが続いても作物が元気でいられるのは、土深く水がしみ通っていたからなんだね！

土にはそれぞれ役割がある。



実験 降雨1

林と砂のカゴに雨を降らせよう！

<用意する物>

林の土・砂・カゴ4つ・ペットボトル2本、水
方 法

- ① 青のカゴに林の土、黄色のカゴに砂を入れる。
- ② 写真のようなそうちをつくり、水を流す。
- ③ 林の土、砂、どちらが先にゴールするかな？



青のカゴ
は、にごった水が流れていますよ！

黄色のカゴ、
砂の方が速く流れていますよ！

結果

黄色の砂のカゴに1本目の水を流すと、砂は半分流れ、2本目の水を流すと上のカゴの砂はものすごい速さですべて流された。

林の土が入った青いカゴに水を流すと、ほんの少し土が流された。2本目の水を流しても下のカゴの土はほとんど流れることはなかった。このことから林の土は水を吸い取る役割をしていることがわかった。<あっ、そうだ>林の土と同じように土に木を植えて雨を降らすと、土はどうなるのかな？ 私の考えではたくさんの木が雨や風で土が流されていくのを防いでくれると考えた。

実験 降雨2

降雨1の実験と同じ装置を使って。

方 法

林の土に割りばしを20本立て、500ml × 2の水を流す。

結 果

1ℓの水を流しても土が流れることはなかった。透き通った水が流れ出たことにびっくりした。割りばしを使ったことで、土の流れを食い止めたのだろう。

今度は割りばしを4分の1の長さ、5cmに短くしたら土の流れはどうなるのだ



ろう。森林伐採するとどうなるのか！

結果

割りばしを短くすると降雨1の実験とほぼ同じような結果になり、割りばしは長めのほうが土の流れを止める。この実験で思ったこと。人間は家や工場、道路をつくるための目的で山を切りくずし、海を埋め立てている。それは暮らしを豊かに、快適なものにするためといわれている。このような開発で豊かな自然がこわされ、生き物たちはすみかと食べ物を失ってしまう。自然をこわしてしまう開発ではなく、自然を守りながら快適にくらすくふうをしてほしい。

土は100年で10～15cm、1000年でやっと森林の土になる。貴重な土をもっとかわいがってほしいと思った。

結果

1. 土は小石、砂、粘土、有機物からできている。
2. 土壌微生物や土壌動物が落ち葉を食べ、分解していた。(林の掃除屋さん)
3. 田んぼの黒っぽい灰色は、空気にふれさせると畑の土と同じ濃い茶色に変身した。
4. 畑の土の濃い茶色は、空気と水を入れると田んぼの土と同じ黒っぽい灰色に変身した。

田んぼの土はシルトや粘土などの細かい粒でできている。シルトや粘土は水を含むと体積がふえ、乾くと縮み固くなる。だからサンクラックができる。サンクラックは土によってひび割れの大きさ、深さがちがうことわかった。

5. 林の土に割り箸を立てることによって、水の流れを食い止めることを発見した。
6. 土はみな、それぞれに役割をもっていることもわかった。

考察

水分の多い田んぼにサンクラックができることが不思議だった。ひび割れた固まりは四すみが上に反り返っていたことから、表面のほうが下よりもより縮んだと考え

られる。土の断面は下に砂、表面は泥が多い。泥のほうがより縮んだと考えられる。

土だけではなく、小麦粉、寒天、前日の残ったカレーなどもサンクラックができるのか調べてみたい。

感想

空気がなくなったら大変なように、土も空気と同じように大切なんだね！

森や林の土の上に落ち葉が落ち、それを微生物や土壤動物が分解してくれる。やがて腐植となって、植物の養分となる。

また、ミミズやダンゴムシなどの動物の働きで土がたがやされ、水と空気がよく通る土、植物にやさしい土となっていく。その植物は草食動物のエサになり、草食動物は肉食動物のエサになる。肉食動物のフンや死がいは、土の中の生き物によって分解され、土にもどしてくれる。

土がなかったら、私たちも野菜や果物、牛肉や豚肉が食べられなくなる。もし、この地球という星に土がなかったら、人間・動物・植物の生き物は存在しない。土は私たち生き物の大切な仲間だ。大切に、大切にしていきたい。

次回の研究は1. 小麦粉、寒天、前日の残ったカレーにもサンクラックができるか。2. 地震が起こす土の災害について調べてみたい。土っておもしろい。

参考文献

- ・土の絵本
- ・土は生きている
- ・土の観察と実験
- ・生きている土
- ・さぐれさぐれ 土のひみつ

講評

土ってなんだろう III

何気ない自然の一部である土について3年がかりで様々なアプローチをしていてすばらしいです。身の回りにも場所によってこんなに違う土があることを発見している点や水をしみこませたり、乾燥させてサンクランクを作るなど工夫して実験に取り組みました。

自然状態で見られる現象を再現したり、その要因を考察するなど研究が深まっているのはすばらしいと思います。実験で検証したことをもとに自然災害などについても考えを発展させ、人間と自然の関わりや生物とそれを取りまく環境である生態系についても考えている点はすごいと思います。畑の土と田んぼの土を比較したり、水や空気を送って変化を調べるなど、五感を使って観察を充実させている点も良いと思います。現場に足を運んだ際、とろうとしているデータ以外にも多くの「気づき」があると思いますので、その「気づき」も大切にしてほしいです。

落ち葉を分解してくれるのは、生物界の中で分解者(ぶんかいしゃ)といわれる仲間です。小さくて見えにくいなど直接目に触れにくいのですが、この分解者の働きのすごさに気づいたのもよかったです。土の中にどのような成分が含まれているかによって、その場所での植物の育ち方や動物の種類に大きな影響を与えます。土を乾かしたり、焼いたりすることで含まれる水分や有機物の割合を知ることができます。小麦粉や寒天、鍋に残ったカレーなど身の回りに置き換えられる事柄を発見している点で、「科学する目」がますます充実することが楽しみです。今後ますます研究が発展することを期待します。

受賞ポイント

- ① 自らの新鮮な目で身近な自然の不思議を解明している。
- ② 工夫した実験で自然現象について理解を深めている。
- ③ 生態系全体を対象とした興味深い研究になっている。
- ④ 今後の研究の発展が楽しみである。

以上より、環境奨励賞にふさわしいと判断した。

環境奨励賞

物理部門

我が家を涼しくしよう！ 4

国立大学法人琉球大学教育学部附属中学校 2年 野 村 錬



【研究の動機】

コンクリート住宅の我が家では毎年暑い夏を過ごしてきました。何とか涼しくすることはできないだろうか、それもできるだけコストをかけずにすむようにできないかとの思いから、昔ながらの「打ち水」について3年前から姉たちと調べ始めました。昨年夏には「打ち水をすると風は吹くのか」「打ち水の増強法を探る」「夜打ち水をすると朝涼しくなるのか」などの実験では打ち水の特徴を知る事ができました。そして今年は実際に家を涼しくする方法を考えてみることにしました。その手がかりとして、クーラーや扇風機のなかった時代の家を調べることで、我が家に生かせるヒントがないかを探ってみようと思いました。



【目的】

我が家と重要文化財の中村家^{注1)}を比べ、何故、中村家は涼しいのかそのヒントを探り、我が家に生かすことを目的にしました。そのために、気温・湿度・風・建物の温度について調べる事にしました。



【これまでの結果】

08年の実験から、我が家における効果的な「打ち水」の方法は、①10分間行う。②散水は霧状に行う。③午前中に行う。

2009年の実験からわかったことは、①コンクリートの我が家は外に比べて温度が上がりにくく、下がりにくい性質がある。学校に行っている間は涼しく、夜は暑いことがわかった。②家に直接「打ち水」を行ったが、涼しくならなかった。③我が家に見立てたコンクリートブロックでは「打ち水」の効果があった。④アスファルトで「打ち水」効果を得るには大量に水をまく必要がある。⑤高い所からの「打ち水」は効果が分散してしまう。⑥夜の「打ち水」では効果が期待できない。⑦濡れた状態(蚊帳など)の物があれば効果が持続する。⑧秋の「打ち水」は夏よりも効果がでた。2010年の実験から分かった事は、①打ち水をすると空気の流れの変化が激しくなる。②打ち水は細かい水の方が効果が出やすい。③夜に打ち水をすると地面が冷やされることによって朝が涼しくなる。④ガラスフィルムを取り付け直射日光を遮る事で室温が上がりにくくなる。⑤直射日光に当たらないようにすると温度が低くなる。



【実験条件】

- ①測定場所は我家のリビングと中村家住宅室内とする。
- ②測定は複数回行って平均を出すこととする。
- ③日本気象協会の発表した地域(北中城村)の天気³⁾をもとに、おおむね晴天の日に観測をする。
(観測日の地域の天気データは別添資料参照)

注1 中村家住宅：約280年前の代表的な沖縄の農家、戦前の沖縄の住居建築の特色をすべて備えている建物です。¹⁾我が家と同じ北中城村内にあり、我が家とは直線距離で約1.8km²⁾です。



【おもな実験道具】



①温湿度計



②タイマー



③段ボール



④コンクリートブロック



⑤木材ブロック



⑥風船



⑦よしす



⑧温湿度記録器



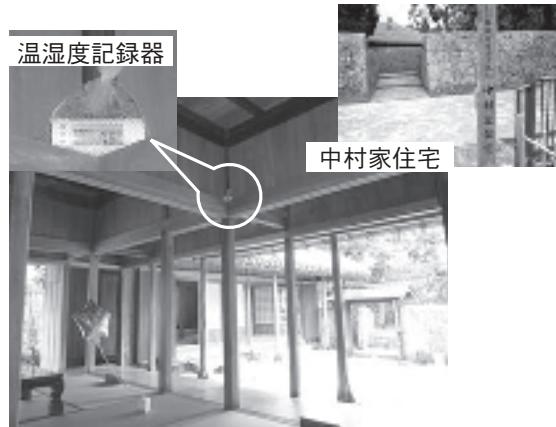
⑨ビデオカメラ



【実験 1】中村家は本当に涼しいのか？

目的：梅雨明け後に中村家住宅を訪れた際、涼しいような気がしたので、実際にそれが本当かどうかを確かめる。

方法：地域の天気予報が晴れの日に中村家と我が家で同時に気温と湿度を測定する。



予想：中村家がどの時間でも温度、湿度共に低く涼しいと思う。

結果 1

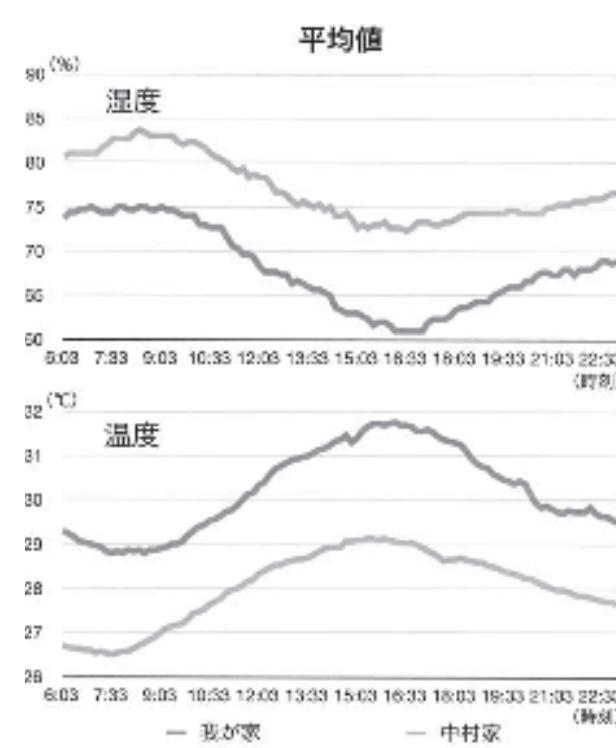
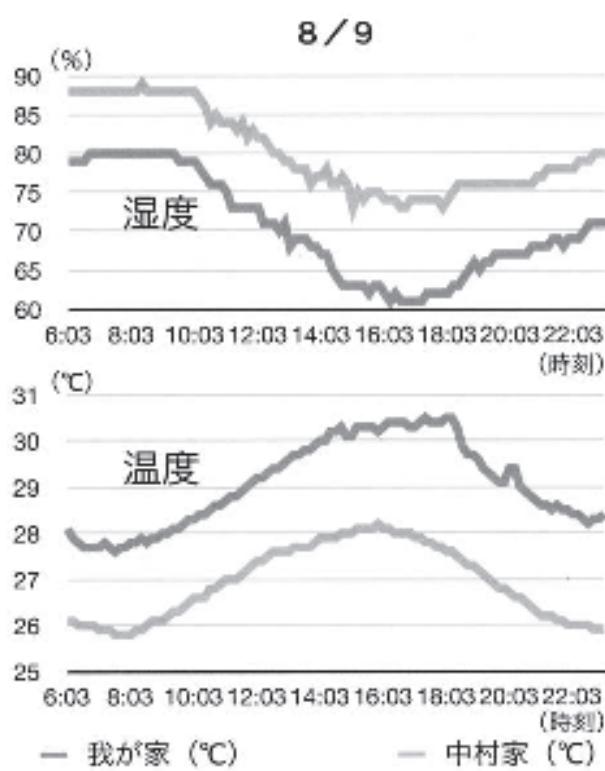
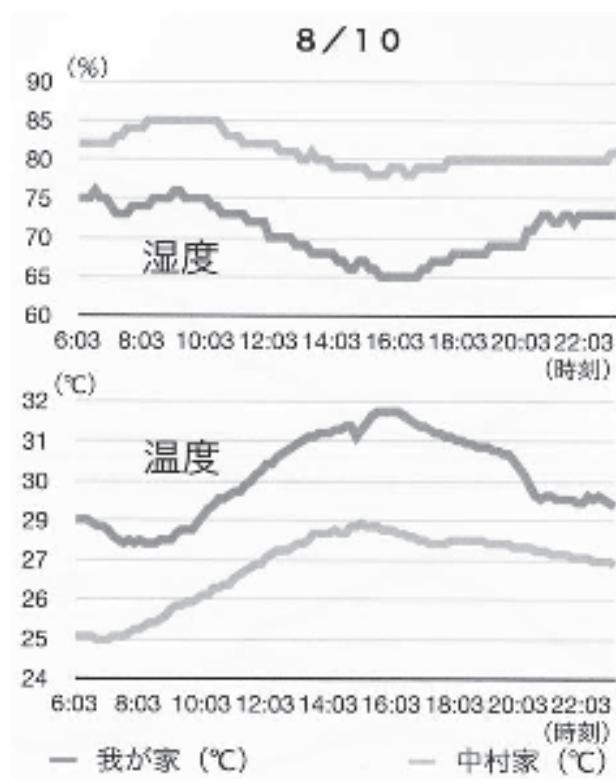
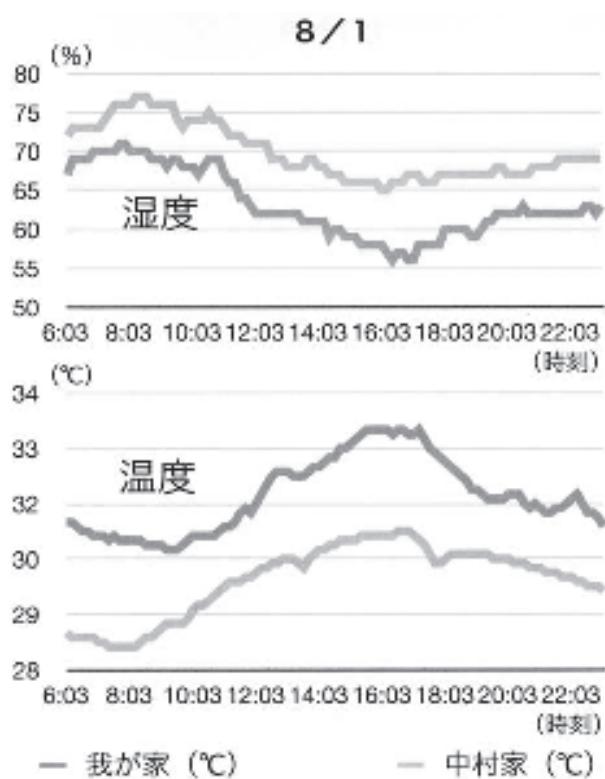
観測データ

時 刻	我が家							
	温度(℃)				湿度(%)			
	8月1日	8月9日	8月10日	平均値	8月1日	8月9日	8月10日	平均値
6:03	31.2	28.1	28.6	29.3	67	79	75	73.7
6:13	31.2	27.9	28.6	29.2	69	79	75	74.3
6:23	31.1	27.8	28.6	29.2	69	79	75	74.3
6:33	31.0	27.7	28.5	29.1	69	79	76	74.7
6:43	31.0	27.7	28.4	29.0	69	80	75	74.7
6:53	30.9	27.7	28.4	29.0	70	80	75	75.0
7:03	30.9	27.7	28.3	29.0	70	80	74	74.7
7:13	30.9	27.8	28.1	28.9	70	80	73	74.3
7:23	30.8	27.7	28.0	28.8	70	80	73	74.3
7:33	30.9	27.6	27.9	28.8	70	80	73	74.3
7:43	30.8	27.7	28.0	28.8	71	80	74	75.0
7:53	30.8	27.7	27.9	28.8	71	80	74	75.0
8:03	30.8	27.8	28.0	28.9	70	80	74	74.7
8:13	30.8	27.8	27.9	28.8	70	80	74	74.7
8:23	30.8	27.9	27.9	28.9	70	80	75	75.0
8:33	30.7	27.8	27.9	28.8	70	80	75	75.0
8:43	30.7	27.9	28.0	28.9	69	80	75	74.7
8:53	30.7	27.9	28.0	28.9	69	80	75	74.7
9:03	30.7	28.0	28.0	28.9	69	80	76	75.0
9:13	30.6	28.0	28.2	28.9	68	80	76	74.7
9:23	30.6	28.1	28.3	29.0	69	80	75	74.7
9:33	30.6	28.1	28.3	29.0	69	79	75	74.3
9:43	30.7	28.2	28.3	29.1	68	79	75	74.0
9:53	30.8	28.3	28.5	29.2	68	79	75	74.0
10:03	30.9	28.3	28.7	29.3	68	79	75	74.0
10:13	30.9	28.4	28.9	29.4	67	78	74	73.0
10:23	30.9	28.4	29.0	29.4	68	77	74	73.0
10:33	30.9	28.5	29.2	29.5	69	76	73	72.7
10:43	30.9	28.6	29.2	29.6	69	76	73	72.7
10:53	31.0	28.6	29.3	29.6	69	76	73	72.7
11:03	31.1	28.7	29.4	29.7	67	75	73	71.7
11:13	31.1	28.8	29.4	29.8	66	73	73	70.7
11:23	31.2	28.8	29.6	29.9	66	73	72	70.3
11:33	31.4	28.9	29.7	30.0	64	73	72	69.7

時 刻	中村家							
	温度(℃)				湿度(%)			
	8月1日	8月9日	8月10日	平均値	8月1日	8月9日	8月10日	平均値
6:03	28.8	26.1	25.2	26.7	72	88	82	80.7
6:13	28.7	26.1	25.2	26.7	73	88	82	81.0
6:23	28.7	26.0	25.2	26.6	73	88	82	81.0
6:33	28.7	26.0	25.2	26.6	73	88	82	81.0
6:43	28.7	26.0	25.1	26.6	73	88	82	81.0
6:53	28.7	26.0	25.1	26.6	73	88	82	81.0
7:03	28.6	25.9	25.1	26.5	73	88	82	81.0
7:13	28.6	25.9	25.2	26.6	74	88	83	81.7
7:23	28.5	25.9	25.2	26.5	75	88	83	82.0
7:33	28.5	25.8	25.2	26.5	76	88	84	82.7
7:43	28.5	25.8	25.3	26.5	76	88	84	82.7
7:53	28.5	25.8	25.4	26.6	76	88	84	82.7
8:03	28.5	25.8	25.4	26.6	76	88	84	82.7
8:13	28.5	25.9	25.5	26.6	77	88	85	83.3
8:23	28.6	25.9	25.6	26.7	77	89	85	83.7
8:33	28.7	26.0	25.6	26.8	77	88	85	83.3
8:43	28.7	26.1	25.7	26.8	76	88	85	83.0
8:53	28.8	26.1	25.8	26.9	76	88	85	83.0
9:03	28.9	26.1	26.0	27.0	76	88	85	83.0
9:13	29.0	26.2	26.1	27.1	76	88	85	83.0
9:23	29.0	26.3	26.1	27.1	76	88	85	83.0
9:33	29.0	26.3	26.2	27.2	74	88	85	82.3
9:43	29.0	26.4	26.2	27.2	73	88	85	82.0
9:53	29.1	26.5	26.3	27.3	74	88	85	82.3
10:03	29.3	26.6	26.4	27.4	74	88	85	82.3
10:13	29.4	26.6	26.4	27.5	74	87	85	82.0
10:23	29.4	26.6	26.6	27.5	74	86	85	81.7
10:33	29.5	26.8	26.6	27.6	75	84	84	81.0
10:43	29.6	26.8	26.7	27.7	74	85	83	80.7
10:53	29.7	26.9	26.7	27.8	74	84	83	80.3
11:03	29.8	27.0	26.9	27.9	73	84	83	80.0
11:13	29.9	27.0	27.0	28.0	72	84	82	79.3
11:23	29.9	27.0	27.1	28.0	72	83	82	79.0
11:33	29.9	27.1	27.2	28.1	72	84	82	79.3

時 刻	我が家							
	温度(℃)				湿度(%)			
	8月 1日	8月 9日	8月 10日	平均 値	8月 1日	8月 9日	8月 10日	平均 値
11:43	31.5	29.0	29.9	30.1	64	73	72	69.7
11:53	31.4	29.1	30.0	30.2	63	73	72	69.3
12:03	31.6	29.2	30.2	30.3	62	73	70	68.3
12:13	31.8	29.2	30.2	30.4	62	71	70	67.7
12:23	32.0	29.3	30.4	30.6	62	71	70	67.7
12:33	32.2	29.4	30.5	30.7	62	71	70	67.7
12:43	32.3	29.4	30.6	30.8	62	70	70	67.3
12:53	32.3	29.5	30.7	30.8	62	71	69	67.3
13:03	32.3	29.6	30.8	30.9	62	68	69	66.3
13:13	32.2	29.7	30.9	30.9	62	69	69	66.7
13:23	32.2	29.7	31.0	31.0	62	69	68	66.3
13:33	32.2	29.8	31.0	31.0	61	69	68	66.0
13:43	32.3	29.8	31.1	31.1	61	68	68	65.7
13:53	32.4	29.9	31.1	31.1	61	68	68	65.7
14:03	32.4	30.0	31.1	31.2	61	67	68	65.3
14:13	32.5	30.0	31.2	31.2	61	67	67	65.0
14:23	32.6	30.2	31.2	31.3	59	65	67	63.7
14:33	32.6	30.2	31.3	31.4	60	64	66	63.3
14:43	32.8	30.3	31.3	31.5	60	63	66	63.0
14:53	32.8	30.1	31.0	31.3	59	63	67	63.0
15:03	32.9	30.1	31.2	31.4	59	63	67	63.0
15:13	33.0	30.3	31.4	31.6	59	63	66	62.7
15:23	33.1	30.3	31.6	31.7	58	63	66	62.3
15:33	33.2	30.3	31.7	31.7	58	62	65	61.7
15:43	33.2	30.3	31.7	31.7	58	63	65	62.0
15:53	33.2	30.2	31.7	31.7	58	63	65	62.0
16:03	33.2	30.3	31.7	31.7	58	62	65	61.7
16:13	33.2	30.4	31.7	31.8	57	61	65	61.0
16:23	33.1	30.4	31.6	31.7	56	62	65	61.0
16:33	33.2	30.4	31.5	31.7	57	61	65	61.0
16:43	33.2	30.4	31.4	31.7	57	61	65	61.0
16:53	33.1	30.3	31.3	31.6	56	61	66	61.0
17:03	33.1	30.3	31.3	31.6	56	61	66	61.0
17:13	33.2	30.4	31.2	31.6	58	61	67	62.0
17:23	33.0	30.5	31.1	31.5	58	62	67	62.3
17:33	32.8	30.4	31.1	31.4	58	62	67	62.3
17:43	32.7	30.4	31.0	31.4	58	62	67	62.3
17:53	32.6	30.4	31.0	31.3	58	62	68	62.7
18:03	32.5	30.5	30.9	31.3	60	62	68	63.3
18:13	32.4	30.5	30.9	31.3	60	63	68	63.7
18:23	32.3	30.3	30.8	31.1	60	63	68	63.7
18:33	32.2	29.9	30.8	31.0	60	64	68	64.0
18:43	32.1	29.7	30.7	30.8	60	65	68	64.3
18:53	31.9	29.7	30.7	30.8	59	66	68	64.3
19:03	31.9	29.6	30.7	30.7	59	65	69	64.3
19:13	31.8	29.4	30.6	30.6	60	66	69	65.0
19:23	31.7	29.3	30.6	30.5	61	66	69	65.3
19:33	31.7	29.2	30.5	30.5	61	67	69	65.7
19:43	31.7	29.1	30.5	30.4	62	67	69	66.0
19:53	31.7	29.1	30.3	30.4	62	67	69	66.0
20:03	31.8	29.4	30.1	30.4	62	67	69	66.0
20:13	31.8	29.4	29.9	30.4	62	67	71	66.7
20:23	31.8	29.0	29.6	30.1	62	67	71	66.7
20:33	31.6	28.9	29.3	29.9	63	67	72	67.3
20:43	31.5	28.8	29.2	29.8	62	68	73	67.7
20:53	31.6	28.7	29.3	29.9	62	68	73	67.7
21:03	31.5	28.6	29.3	29.8	62	68	72	67.3
21:13	31.4	28.6	29.2	29.7	62	68	72	67.3
21:23	31.4	28.5	29.2	29.7	62	69	73	68.0
21:33	31.5	28.6	29.2	29.8	62	69	73	68.0
21:43	31.5	28.5	29.2	29.7	62	68	72	67.3
21:53	31.6	28.5	29.1	29.7	62	69	73	68.0
22:03	31.7	28.4	29.1	29.7	62	69	73	68.0
22:13	31.8	28.4	29.3	29.8	62	69	73	68.0
22:23	31.6	28.3	29.2	29.7	62	70	73	68.3
22:33	31.4	28.2	29.3	29.6	63	71	73	69.0
22:43	31.4	28.3	29.2	29.6	63	71	73	69.0
22:53	31.3	28.3	29.1	29.6	62	71	73	68.7
23:03	31.1	28.4	29.0	29.5	63	71	73	69.0
平均	31.8	29.1	29.8	30.2	63.2	70.3	70.7	68.1

時 刻	中村家							
	温度(℃)				湿度(%)			
	8月 1日	8月 9日	8月 10日	平均 値	8月 1日	8月 9日	8月 10日	平均 値
11:43	30.0	27.2	27.3	28.2	71	82	82	78.3
11:53	30.0	27.3	27.3	28.2	71	83	82	78.7
12:03	30.1	27.4	27.5	28.3	71	82	82	78.3
12:13	30.2	27.4	27.6	28.4	71	82	82	78.3
12:23	30.2	27.5	27.7	28.5	71	81	81	77.7
12:33	30.3	27.6	27.7	28.5	69	80	81	76.7
12:43	30.3	27.6	27.7	28.5	69	80	81	76.7
12:53	30.4	27.6	27.8	28.6	69	79	81	76.3
13:03	30.4	27.6	27.9	28.6	68	79	80	75.7
13:13	30.4	27.7	27.9	28.7	68	78	80	75.3
13:23	30.3	27.7	28.0	28.7	68	78	81	75.7
13:33	30.2	27.7	28.2	28.7	68	78	80	75.3
13:43	30.4	27.7	28.2	28.8	69	76	80	75.0
13:53	30.5	27.8	28.2	28.8	69	77	80	75.3
14:03	30.6	27.9	28.2	28.9	68	77	79	74.7
14:13	30.6	27.6	28.3	28.9	68	78	79	75.0
14:23	30.7	27.9	28.2	28.9	67	76	79	74.0
14:33	30.7	27.9	28.2	28.9	67	76	79	74.0
14:43	30.8	28.0	28.4	29.1	67	77	79	74.3
14:53	30.8	28.0	28.4	29.1	66	76	79	73.7
15:03	30.8	28.0	28.5	29.1	66	73	79	72.7
15:13	30.8	28.1	28.4	29.1	66	75	78	73.0
15:23	30.9	28.1	28.4	29.1	66	74	78	72.7
15:33	30.9	28.1	28.4	29.1	66	75	78	73.0
15:43	30.9	28.1	28.3	29.1	66	75	78	73.0
15:53	30.9	28.2	28.3	29.1	66	75	79	73.3
16:03	30.9	28.1	28.3	29.1	65	74	79	72.7
16:13	30.9	28.1	28.2	29.1	65	74	79	72.7
16:23	30.9	28.0	28.2	29.0	66	74	78	72.7
16:33	31.0	28.0	28.1	29.0	66	73	78	72.3
16:43	31.0	28.0	28.1	29.0	66	73	79	72.7
16:53	31.0	28.0	28.0	29.0	67	74	79	73.3
17:03	30.9	27.9	28.0	28.9	67	74	79	73.3
17:13	30.8	27.9	27.9	28.9	67	74	79	73.3
17:23	30.7	27.8	27.9	28.8	66	74	79	73.0
17:33	30.5	27.8	27.9	28.7	66	74	79	73.0
17:43	30.3	27.7	27.9	28.6	66	74	80	73.3
17:53	30.3	27.7	28.0	28.7	67	73	80	73.3
18:03	30.4	27.6	28.0	28.7	67	74	80	73.7
18:13	30.5	27.6	28.0	28.7	67	75	80	74.0
18:23	30.5	27.5	28.0	28.7	67	76	80	74.3
18:33	30.5	27.4	28.0	28.6	67	76	80	74.3
18:43	30.5	27.3	28.0	28.6	67	76	80	74.3
18:53	30.5	27.3	28.0	28.6	67	76	80	74.3
19:03	30.5	27.2	27.9	28.5	67	76	80	74.3
19:13	30.5	27.1	27.9	28.5	67	76	80	74.3
19:23	30.5	27.0	27.9	28.5	67	76	80	74.3
19:33	30.4	26.9	27.9	28.4	67	76	80	74.3
19:43	30.4	26.8	27.9	28.4	68	76	80	74.7
19:53	30.4	26.8	27.8	28.3	68	76	80	74.7
20:03	30.4	26.7	27.8	28.3	67	76	80	74.3
20:13	30.3	26.6	27.8	28.2	67	76	80	74.3
20:23	30.3	26.6	27.8	28.2	67	76	80	74.3
20:33	30							



	我　が　家	中　村　家	我が家と中村家の差
最高温度／時刻	31.8°C / 16:13	29.1°C / 15:28	2.7°C / 45分
最低温度／時刻	28.8°C / 7:58	26.5 / 7:23	2.3°C / 35分
最高湿度／時刻	75% / 8:28	83.7% / 8:23	8.7% / 5分
最低湿度／時刻	61% / 16:38	72.3% / 16:33	11.3% / 5分
平均　温　度	30.2°C	28°C	2.2°C
平均　湿　度	68.1%	77%	8.9%

※同一温度湿度が複数ある場合は中央の時刻としました

温度・湿度共にほぼ同じ動きをしています。温度は我が家に比べて中村家が常に低くなっています、湿度は常に中村家が上回っています。

中村家と我が家を比較すると最低温度で2.3°C、最高温度で2.7°C の差があり中村家の方が温度が低くなっています。湿度は、常に中村家が高くなっています。

我が家は、中村家に比べて温度・湿度のピークが5-45分程度遅れています。



【実験 2】中村家は風がよく吹くのか？

目的：中村家は風がよく吹いている様な気がするが、本当かどうか我が家と比較する。

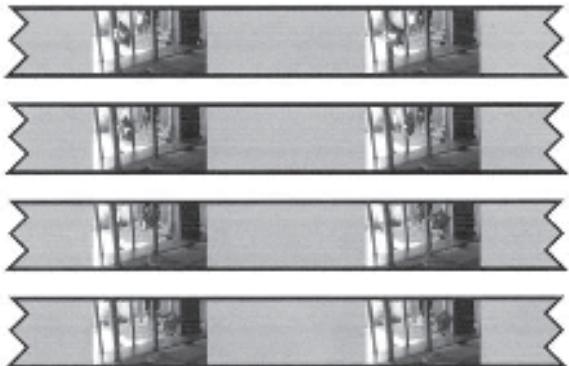
方法：我が家と中村家の室内にそれぞれ風船を置き、同時に5分間ビデオ撮影をして風船の動きを比較する。



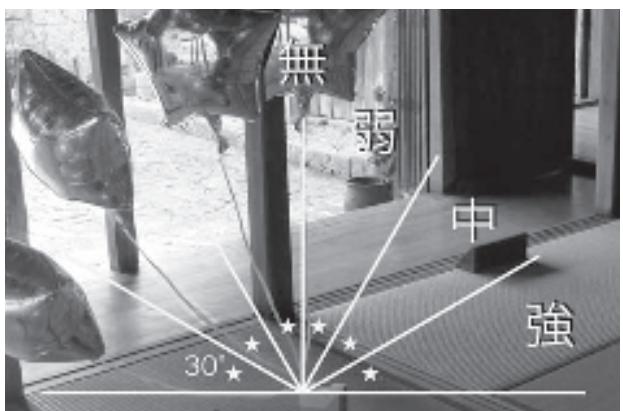
予想：実際の感覚として風が心地よいので、我が家に比べて中村家の方が強い風がよく吹いていると思う。

結果 2

ビデオ撮影した映像を1秒おきの連続写真にして風船の動きを解析しました。(観測データは別添資料参照)



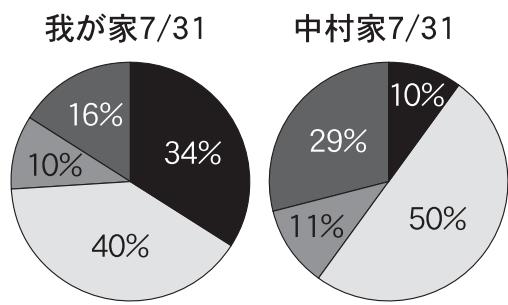
風船の動きの判定は下の写真を基準とし、4段階(無風、弱風、中風、強風)に分類しカウントしました。



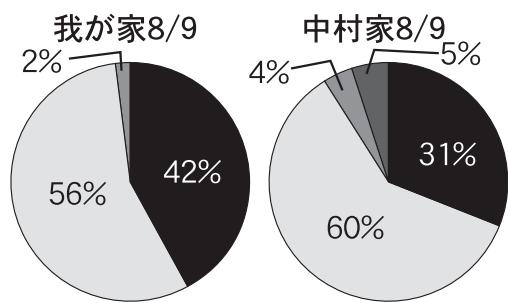
観測データ

風の強さ	7月31日		8月9日	
	我が家	中村家	我が家	中村家
無風	101	31	127	94
弱風	120	149	168	179
中風	31	33	5	11
強風	48	87	0	16
合計	300	300	300	300

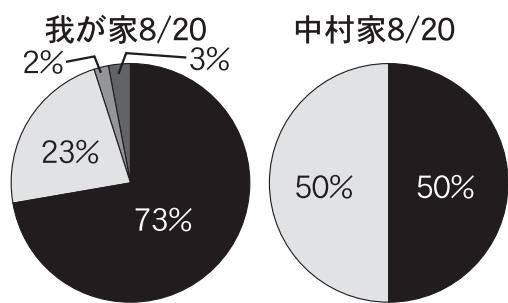
風の強さ	8月20日		我が家	中村家
	我が家	中村家	平均値	平均値
無風	218	149	148.7	91.3
弱風	69	151	119	159.7
中風	5	0	13.7	14.7
強風	8	0	18.6	34.3
合計	300	300	300	300



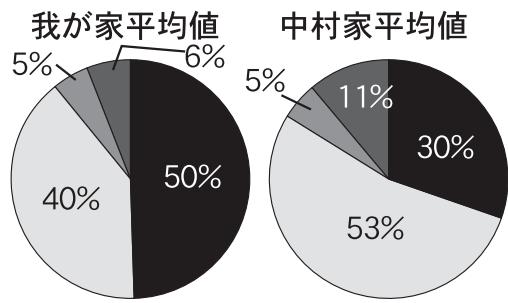
● 無風
○ 弱風
● 中風



● 無風
○ 弱風
● 中風



● 無風
○ 弱風
● 中風



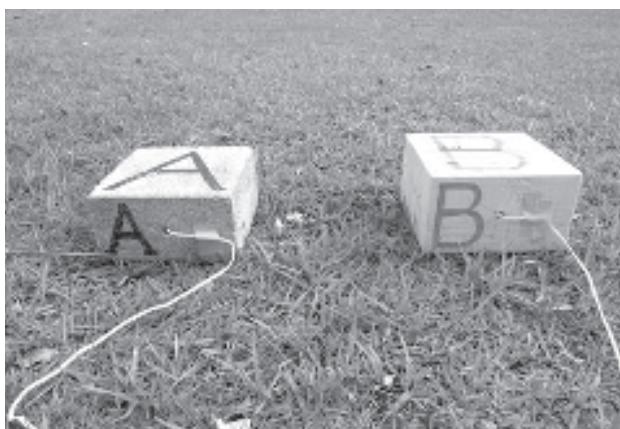
● 無風
○ 弱風
● 中風

中村家は我が家に比べ無風が少なく風の流れが活発になっています。

【実験 3】コンクリート住宅と木造住宅の比較のためのモデル実験

目的：木造の中村家が、コンクリート造の我が家に比べて涼しく感じるのはどうしてか。素材の違いに注目して特性を調べる。

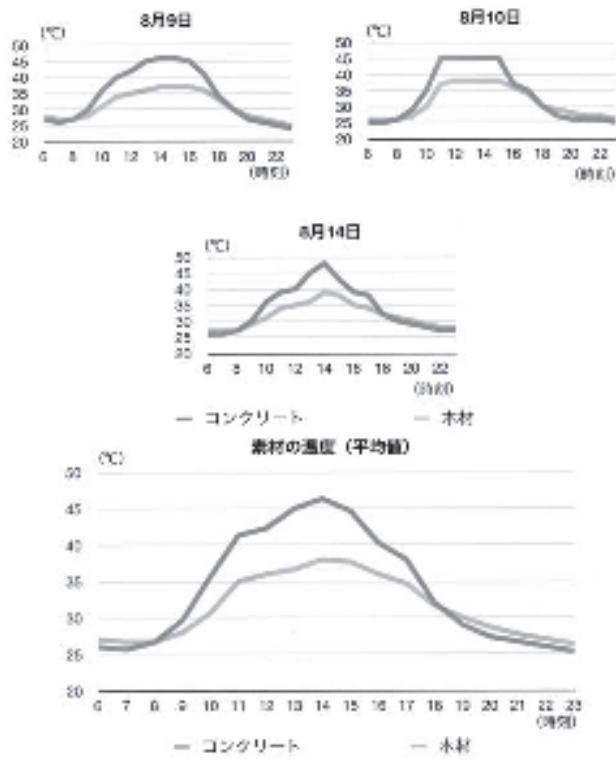
方法：木造住宅に見立てた木材ブロック(15cm×15cm×8cm、1kg)とコンクリート住宅に見立てたコンクリートブロック(15cm×15cm×8cm、4kg)を使用する。それぞれのブロックは、中心部分に温度測定用の穴を開け、屋外で日光のもと終日ブロック内部の温度測定を行う。



予想：コンクリートのブロックより木材のブロックの方が、どのパターンでも気温は低いと思う。

結果3 観測データ

時刻	8月9日		8月10日		8月14日		平均値	
	コンクリート	木材	コンクリート	木材	コンクリート	木材	コンクリート	木材
6	27	28	25	26	26	27	26	27
7	26	27	25	26	26	27	25.7	26.7
8	27	27	26	26	27	27	26.7	26.7
9	30	28	29	27	30	29	29.7	28.0
10	36	31	35	30	36	31	35.7	30.7
11	40	34	45	37	39	34	41.3	35.0
12	42	35	45	38	40	35	42.3	36.0
13	45	36	45	38	45	36	45.0	36.7
14	46	37	45	38	48	39	46.3	38.0
15	46	37	45	38	43	38	44.7	37.7
16	45	37	37	36	39	35	40.3	36.0
17	41	36	35	34	38	34	38.0	34.7
18	34	33	30	30	32	32	32.0	31.7
19	30	30	27	29	30	31	29.0	30.0
20	27	28	26	28	29	30	27.3	28.7
21	26	27	26	27	28	29	26.7	27.7
22	25	26	26	27	27	28	26.0	27.0
23	24	25	25	26	27	28	25.3	26.3
平均値	34.3	31.2	33.2	31.2	33.9	32.7	33.8	31.7

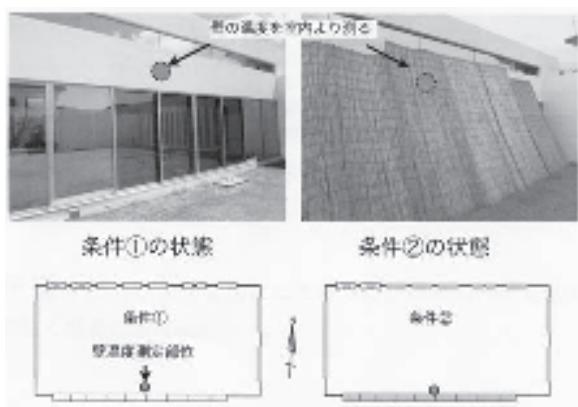


はじめ、コンクリートは木材よりわずかに低温ですが、日の出頃より急激に内部温度が上昇し木材と最大で8.3℃差が生じています。日が傾くと急激に温度が下がり、日没以降では木材よりわずかに低下しています。



【実験4】我が家を涼しくする実験

目的：【実験2】の結果の中村家(風がよく吹く)と【実験3】のコンクリートブロックの特性をヒントに我が家を涼しくする方法を考える。
方法：晴れた日に去年までの状態(条件①：よしずなしで東西方向の窓のみを開ける)と今年新たに暑さ対策した状態(条件②：よしずありで全方向の窓を開ける)の2つの条件を比較しました。測定は室内温湿度、壁内温度および【実験2】と同様な風船の動きのビデオ撮影としました。



リビングの見取り図



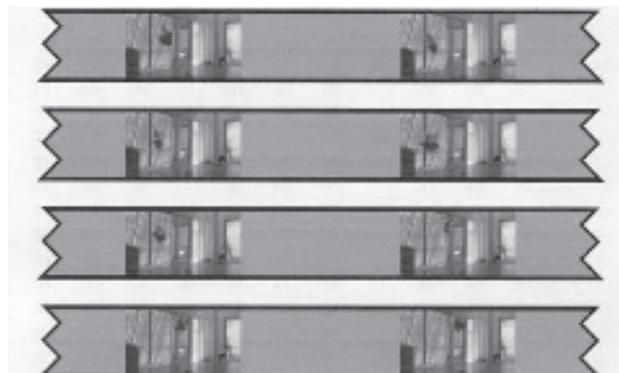
壁の温度測定の様子

風船の動きの撮影は、同じ日に条件①と条件②を5分間ずつ交互に3回撮影を行いました。

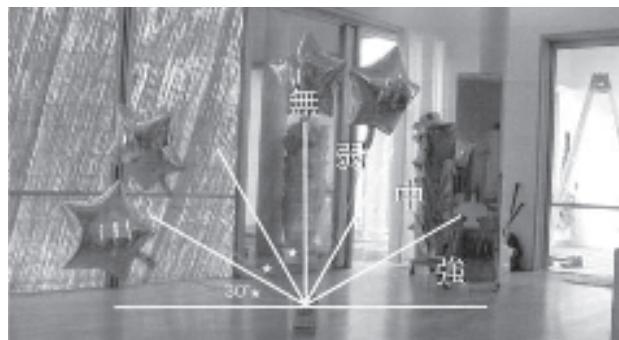
予想：新しい条件を加えたときの方が風の流れができる涼しくなると思う。

結果4

ビデオ撮影した映像を1秒おきの連続写真にして風船の動きを解析しました。(観測データは別添資料参照)



風船の動きの判定は下の写真を基準とし、4段階(無風、弱風、中風、強風)に分類しカウントしました。



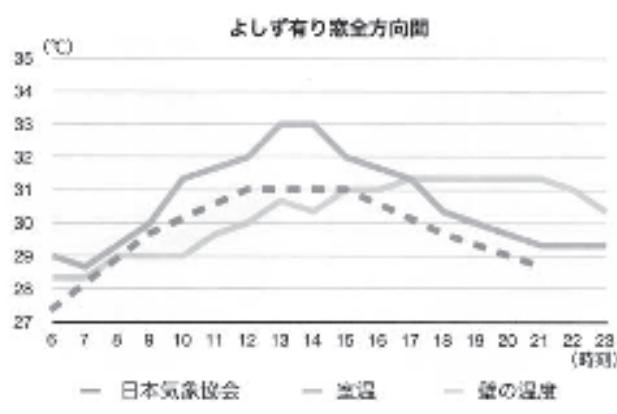
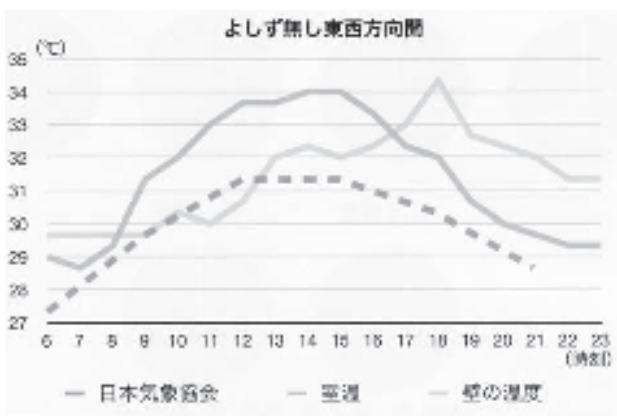
観測データ(温度湿度)

時 刻	よしず不使用東西方向窓全開							
	7月31日				8月1日			
	気象協会本	室温	湿度	壁の温度	気象協会本	室温	湿度	壁の温度
6	28	29	63	30	28	30	61	30
7		29	63	30		30	62	29
8		30	59	30		31	56	29
9	29	31	50	30	30	31	51	29
10		31	50	32		32	48	30
11		33	48	30		32	46	30
12	31	34	46	31	32	33	43	30
13		34	44	31		35	41	31
14		34	44	32		34	41	31
15	31	35	40	32	32	34	41	32
16		33	43	33		33	41	32
17		32	46	33		33	43	33
18	30	32	50	33	31	32	46	32
19		31	52	33		30	52	31
20		30	56	32		30	53	31
21	29	30	56	32	29	30	53	30
22		30	57	31		30	55	30
23		30	58	31		29	56	30
平均	29.7	31.6	51.4	31.4	30.3	31.6	49.4	30.6

時 刻	よしず使用全方位窓全開							
	7月10日				7月17日			
	気象協会本	室温	湿度	壁の温度	気象協会本	室温	湿度	壁の温度
6	27	27	73	28	28	29	68	27
7		27	76	28		29	68	27
8		28	72	28		30	68	29
9	29	29	70	28	30	31	63	29
10		30	64	28		32	60	29
11		30	63	29		32	58	30
12	29	31	61	29	30	32	54	30
13		31	60	29		33	51	32
14		31	63	29		33	53	31
15	29	31	58	30	30	31	56	32
16		31	61	30		32	56	32
17		30	63	30		32	67	32
18	28	30	61	30	29	30	64	32
19		29	64	30		30	66	32
20		28	67	30		29	68	32
21	27	28	67	30	29	29	68	32
22		28	67	30		29	71	32
23		28	67	29		29	72	31
平均	28.2	29.3	65.4	29.2	29.3	30.7	62.8	30.6

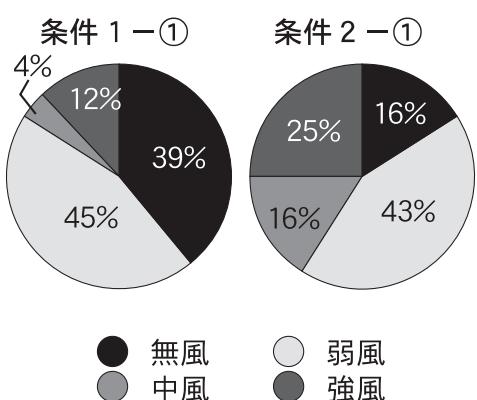
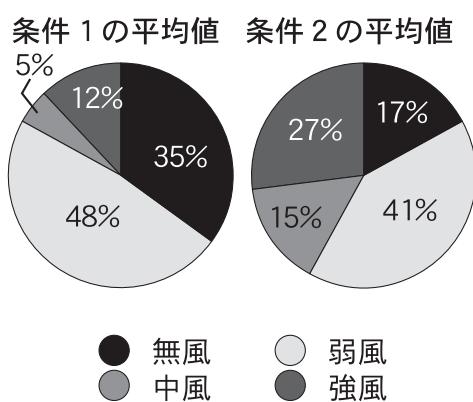
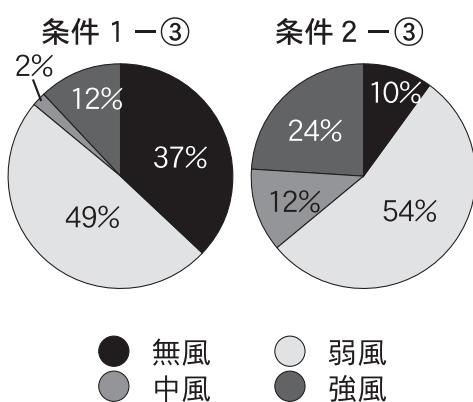
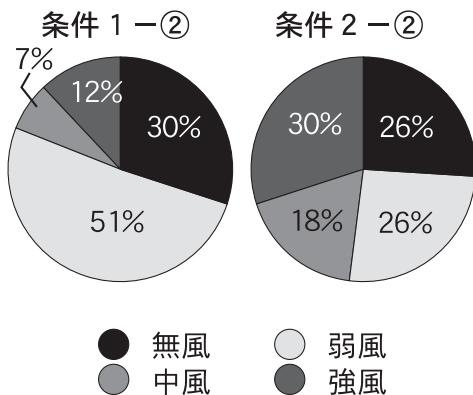
時 刻	よしず不使用東西方向窓全開							
	8月3日				平均値			
	気象協会本	室温	湿度	壁の温度	気象協会本	室温	湿度	壁の温度
6	28	29	66	30	28.0	29.3	52.0	30.0
7		29	66	30		29.3	52.3	29.7
8		29	62	30		30.0	49.3	29.7
9	30	32	51	30	29.7	31.3	44.3	29.7
10		33	50	30		32.0	43.0	30.7
11		33	49	30		32.7	42.7	30.0
12	31	34	45	31	31.3	33.7	40.7	30.7
13		35	42	32		34.7	39.0	31.3
14		34	42	32		34.0	39.0	31.7
15	31	33	46	33	31.3	34.0	40.7	32.3
16		33	46	33		33.0	40.0	32.7
17		32	48	33		32.3	41.0	33.0
18	30	32	54	36	30.3	32.0	44.0	33.7
19		30	61	32		30.3	48.0	32.0
20		30	62	32		30.0	48.3	31.7
21	29	29	64	31	29.0	29.7	49.0	31.0
22		29	64	31		29.7	49.7	30.7
23		29	4	31		29.3	30.0	30.7
平均	29.8	31.4	51.2	31.5	29.9	31.5	44.1	31.2

時 刻	よしず使用全方位窓全開							
	7月30日				平均値			
	気象協会本	室温	湿度	壁の温度	気象協会本	室温	湿度	壁の温度
6	27	30	66	30	27.3	28.7	53.7	28.3
7		29	68	30		28.3	54.3	28.3
8		30	63	30		29.3	53.0	29.0
9	30	30	61	30	29.7	30.0	51.0	29.0
10		32	54	30		31.3	48.0	29.0
11		32	53	30		31.3	47.0	29.7
12	32	33	50	31	30.3	32.0	45.0	30.0
13		33	47	31		32.3	43.0	30.7
14		33	48	31		32.3	44.0	30.3
15	32	33	48	31	30.3	31.7	45.0	31.0
16		32	49	31		31.7	45.3	31.0
17		31	49	32		31.0	48.7	31.3
18	30	31	52	32	29.0	30.3	48.7	31.3
19		30	57	32		29.7	50.7	31.3
20		30	60	32		29.0	52.0	31.3
21	29	30	60	32	28.3	29.0	52.0	31.3
22		30	59	31		29.0	52.7	31.0
23		30	58	31		29.0	52.7	30.3
平均	30.0	31.1	55.7	30.9	29.2	30.3	49.3	30.2



観測データ(風の強さ)

	条件1 ①	条件2 ①	条件1 ②	条件2 ②	条件1 ③	条件2 ③	均条件1の値 の平	均条件2の値 の平
無風	116	47	90	78	110	31	105.3	52.0
弱風	135	130	153	78	147	161	145.0	123.0
中風	13	48	22	53	7	35	14.0	45.3
強風	36	75	35	91	36	73	35.7	79.7
合計	300	300	300	300	300	300	300.0	300.0



条件①時に比べて条件②のほうが室温・壁の温度とも低くなっています。最高温度では、室温で-1.7°C、壁の温度で-2.7°Cと条件②で涼しくなっています。

条件①は条件②に比べて無風の割合が多く、また条件②は中風強風の割合が大きくなっていました。

【実験5】屋上に段ボールを敷き詰める
-我が家を涼しくする実験(その2)-

目的：天井からの輻射熱を押さえて涼しくできないか。

方法：段ボールを屋根の上に敷き天井裏・室内の温度を測定し、段ボールを敷かない場合と比較する。また、段ボールを敷いた場所と敷かない場所の屋根の温度を測定する。



予想：段ボールを敷いた時の方が室温が下がると思う。
また、屋根・屋根裏・室温の順に温度変化が遅れて伝わると思う。

結果 5

観測データ

1) 天井裏温度(段ボール無し)

記録日時	8月16日		8月17日		8月18日		平均値	
	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)
0:00	32.5	58	33.6	55	33.6	50	33.2	54.3
0:10	32.3	58	33.5	54	33.5	50	33.1	54.0
0:20	32.1	57	33.3	53	33.3	50	32.9	53.3
0:30	31.9	57	33.0	53	33.2	50	32.7	53.3
0:40	31.7	55	32.8	53	33.1	51	32.5	53.0
0:50	31.6	55	32.7	51	33.1	51	32.5	52.3
1:00	31.5	56	32.5	51	33.1	52	32.4	53.0
1:10	31.5	57	32.4	52	33.1	52	32.3	53.7
1:20	31.5	57	32.4	53	33.1	52	32.3	54.0
1:30	31.6	58	32.4	54	33.1	53	32.4	55.0
1:40	31.6	58	32.4	54	33.1	53	32.4	55.0
1:50	31.6	58	32.5	55	33.1	53	32.4	55.3
2:00	31.6	58	32.5	55	33.1	53	32.4	55.3
2:10	31.6	58	32.5	55	33.1	53	32.4	55.3
2:20	31.6	59	32.5	55	33.0	53	32.4	55.7
2:30	31.6	59	32.4	55	33.0	53	32.3	55.7
2:40	31.6	59	32.4	55	33.0	53	32.3	55.7
2:50	31.5	59	32.4	55	32.9	54	32.3	56.0
3:00	31.5	59	32.4	56	32.9	54	32.3	56.3

記録日時	8月16日		8月17日		8月18日		平均値	
	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)
3:10	31.5	59	32.3	56	32.9	54	32.2	56.3
3:20	31.5	59	32.3	56	32.8	54	32.2	56.3
3:30	31.4	60	32.3	56	32.8	54	32.2	56.7
3:40	31.4	60	32.2	56	32.7	54	32.1	56.7
3:50	31.4	60	32.2	57	32.7	54	32.1	57.0
4:00	31.3	60	32.1	57	32.6	54	32.0	57.0
4:10	31.3	60	32.1	57	32.6	55	32.0	57.3
4:20	31.2	61	32.1	57	32.5	55	31.9	57.7
4:30	31.2	62	32.0	57	32.5	55	31.9	58.0
4:40	31.2	62	32.0	57	32.4	56	31.9	58.3
4:50	31.1	62	31.9	57	32.4	56	31.8	58.3
5:00	31.1	62	31.9	58	32.3	56	31.8	58.7
5:10	31.1	62	31.8	58	32.3	56	31.7	58.7
5:20	31.0	63	31.8	58	32.2	56	31.7	59.0
5:30	31.0	63	31.7	58	32.2	57	31.6	59.3
5:40	30.9	63	31.7	58	32.1	57	31.6	59.3
5:50	30.9	63	31.6	59	32.1	57	31.5	59.7
6:00	30.9	63	31.6	59	32.0	57	31.5	59.7
6:10	30.8	63	31.5	59	32.0	57	31.4	59.7
6:20	30.8	64	31.5	59	31.9	58	31.4	60.3
6:30	30.8	64	31.4	59	31.9	58	31.4	60.3
6:40	30.8	64	31.4	59	31.8	58	31.3	60.3
6:50	30.8	64	31.3	60	31.8	58	31.3	60.7
7:00	30.8	64	31.2	61	31.7	58	31.2	61.0
7:10	30.8	64	31.2	61	31.7	59	31.2	61.3
7:20	30.8	64	31.1	61	31.6	59	31.2	61.3
7:30	30.7	65	31.0	61	31.6	59	31.1	61.7
7:40	30.7	65	31.0	62	31.5	59	31.1	62.0
7:50	30.7	65	31.0	62	31.4	59	31.0	62.0
8:00	30.7	65	30.9	62	31.4	60	31.0	62.3
8:10	30.6	65	30.9	62	31.4	60	31.0	62.3
8:20	30.6	65	30.8	62	31.4	60	30.9	62.3
8:30	30.6	65	30.8	62	31.3	60	30.9	62.3
8:40	30.6	66	30.8	62	31.3	60	30.9	62.7
8:50	30.6	66	30.8	62	31.3	60	30.9	62.7
9:00	30.6	66	30.8	62	31.3	60	30.9	62.7
9:10	30.7	66	30.9	62	31.3	61	31.0	63.0
9:20	30.7	66	30.9	62	31.3	61	31.0	63.0
9:30	30.7	65	30.9	62	31.3	61	31.0	62.7
9:40	30.8	66	30.9	62	31.3	61	31.0	63.0
9:50	30.9	66	31.0	62	31.4	61	31.1	63.0
10:00	30.9	66	31.1	62	31.4	61	31.1	63.0
10:10	31.0	66	31.1	62	31.4	61	31.2	63.0
10:20	31.1	65	31.2	62	31.4	61	31.2	62.7
10:30	31.2	65	31.3	61	31.4	61	31.3	62.3
10:40	31.3	64	31.4	61	31.4	61	31.4	62.0
10:50	31.3	64	31.5	61	31.5	62	31.4	62.3

記録日時	8月16日		8月17日		8月18日		平均値	
	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)
11:00	31.3	64	31.5	61	31.5	62	31.4	62.3
11:10	31.3	64	31.6	61	31.5	62	31.5	62.3
11:20	31.4	64	31.7	61	31.6	62	31.6	62.3
11:30	31.5	64	31.8	61	31.6	62	31.6	62.3
11:40	31.5	64	31.9	60	31.7	62	31.7	62.0
11:50	31.6	63	32.1	60	31.7	62	31.8	61.7
12:00	31.7	63	32.2	60	31.8	63	31.9	62.0
12:10	31.8	63	32.3	60	31.9	63	32.0	62.0
12:20	31.9	63	32.4	60	32.0	63	32.1	62.0
12:30	32.0	62	32.5	59	32.1	63	32.2	61.3
12:40	32.1	62	32.6	58	32.1	63	32.3	61.0
12:50	32.2	62	32.8	58	32.2	63	32.4	61.0
13:00	32.3	62	32.9	58	32.3	63	32.5	61.0
13:10	32.5	61	33.0	57	32.4	63	32.6	60.3
13:20	32.6	61	33.1	57	32.5	63	32.7	60.3
13:30	32.6	60	33.2	57	32.5	62	32.8	59.7
13:40	32.8	60	33.3	56	32.6	62	32.9	59.3
13:50	32.9	60	33.4	56	32.7	61	33.0	59.0
14:00	33.0	60	33.5	56	32.9	61	33.1	59.0
14:10	33.0	59	33.6	56	32.9	61	33.2	58.7
14:20	33.1	59	33.7	55	33.0	61	33.3	58.3
14:30	33.2	59	33.8	54	33.0	61	33.3	58.0
14:40	33.2	59	33.9	54	33.1	60	33.4	57.7
14:50	33.3	59	34.0	54	33.1	60	33.5	57.7
15:00	33.4	59	34.1	54	33.2	60	33.6	57.7
15:10	33.5	59	34.3	54	33.2	60	33.7	57.7
15:20	33.6	59	34.4	54	33.3	60	33.8	57.7
15:30	33.7	59	34.5	54	33.4	60	33.9	57.7
15:40	33.8	58	34.6	54	33.4	60	33.9	57.3
15:50	33.8	58	34.6	54	33.5	60	34.0	57.3
16:00	33.9	58	34.8	54	33.5	59	34.1	57.0
16:10	34.0	57	34.8	54	33.5	58	34.1	56.3
16:20	34.0	57	34.9	54	33.5	57	34.1	56.0
16:30	34.1	57	34.9	54	33.5	57	34.2	56.0
16:40	34.2	57	35.0	54	33.5	57	34.2	56.0
16:50	34.3	57	35.1	53	33.6	57	34.3	55.7
17:00	34.3	57	35.1	53	33.6	57	34.3	55.7
17:10	34.4	57	35.2	53	33.6	57	34.4	55.7
17:20	34.5	57	35.2	53	33.7	57	34.5	55.7
17:30	34.5	57	35.3	53	33.7	57	34.5	55.7
17:40	34.6	57	35.3	53	33.7	57	34.5	55.7
17:50	34.6	57	35.4	53	33.8	57	34.6	55.7
18:00	34.7	57	35.4	53	33.8	57	34.6	55.7
18:10	34.7	57	35.4	53	33.8	57	34.6	55.7
18:20	34.7	57	35.3	53	33.8	57	34.6	55.7
18:30	34.7	56	35.3	53	33.8	57	34.6	55.3
18:40	34.7	56	35.3	53	33.8	56	34.6	55.0

記録日時	8月16日		8月17日		8月18日		平均値	
	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)
18:50	34.7	56	35.3	52	33.8	56	34.6	54.7
19:00	34.7	56	35.3	52	33.8	56	34.6	54.7
19:10	34.7	56	35.3	52	33.8	56	34.6	54.7
19:20	34.7	56	35.3	52	33.8	56	34.6	54.7
19:30	34.8	57	35.3	52	33.9	56	34.7	55.0
19:40	34.8	57	35.4	52	33.9	56	34.7	55.0
19:50	34.9	57	35.4	52	33.9	57	34.7	55.3
20:00	34.9	57	35.4	52	34.0	57	34.8	55.3
20:10	34.9	57	35.4	52	34.0	57	34.8	55.3
20:20	34.9	57	35.4	52	34.0	57	34.8	55.3
20:30	34.9	57	35.4	52	33.9	57	34.7	55.3
20:40	34.9	57	35.4	52	33.9	57	34.7	55.3
20:50	34.8	57	35.3	52	33.9	57	34.7	55.3
21:00	34.8	57	35.3	52	33.9	57	34.7	55.3
21:10	34.8	57	35.2	52	33.9	57	34.6	55.3
21:20	34.7	57	35.2	52	33.8	57	34.6	55.3
21:30	34.7	57	35.2	52	33.8	57	34.6	55.3
21:40	34.6	57	35.1	52	33.8	57	34.5	55.3
21:50	34.6	57	35.0	53	33.7	57	34.4	55.7
22:00	34.5	57	35.0	53	33.7	58	34.4	56.0
22:10	34.5	57	34.9	54	33.7	58	34.4	56.3
22:20	34.4	57	34.9	54	33.6	58	34.3	56.3
22:30	34.4	57	34.8	54	33.6	58	34.3	56.3
22:40	34.3	57	34.7	54	33.6	58	34.2	56.3
22:50	34.3	58	34.6	54	33.5	58	34.1	56.7
23:00	34.2	58	34.5	54	33.5	57	34.1	56.3
23:10	34.1	58	34.5	54	33.4	57	34.0	56.3
23:20	34.1	58	34.4	53	33.3	58	33.9	56.3
23:30	34.0	58	34.3	52	33.3	58	33.9	56.0
23:40	33.9	57	34.1	51	33.3	58	33.8	55.3
23:50	33.8	55	33.9	50	33.2	58	33.6	54.3
平均値	32.6	60.0	33.2	56.1	32.8	57.7	32.8	57.9

2) 天井裏温度(段ボール有り)

記録日時	8月19日		8月20日		8月22日		平均値	
	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)
0:00	33.1	58	32.3	58	30.1	64	31.8	60.0
0:10	33.0	58	32.2	58	29.9	64	31.7	60.0
0:20	33.0	59	32.1	58	29.8	64	31.6	60.3
0:30	32.9	59	32.0	59	29.8	64	31.6	60.7
0:40	32.8	59	32.0	59	29.8	64	31.5	60.7
0:50	32.8	59	32.0	59	29.8	64	31.5	60.7
1:00	32.7	59	32.0	59	29.9	64	31.5	60.7
1:10	32.7	59	32.0	59	29.9	64	31.5	60.7
1:20	32.6	59	31.9	59	29.9	64	31.5	60.7
1:30	32.6	59	31.9	59	29.9	64	31.5	60.7
1:40	32.5	60	31.9	59	29.9	64	31.4	61.0

記録日時	8月19日		8月20日		8月22日		平均値	
	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)
1:50	32.5	61	31.9	59	29.9	64	31.4	61.3
2:00	32.4	61	31.9	60	29.9	64	31.4	61.7
2:10	32.4	61	31.9	60	29.9	64	31.4	61.7
2:20	32.3	61	31.8	60	29.9	64	31.3	61.7
2:30	32.3	61	31.8	60	29.8	64	31.3	61.7
2:40	32.2	61	31.8	60	29.8	64	31.3	61.7
2:50	32.2	61	31.8	60	29.8	64	31.3	61.7
3:00	32.1	61	31.8	60	29.8	65	31.2	62.0
3:10	32.1	61	31.7	60	29.8	65	31.2	62.0
3:20	32.0	61	31.7	60	29.8	65	31.2	62.0
3:30	32.0	62	31.7	60	29.8	65	31.2	62.3
3:40	31.9	62	31.7	60	29.8	65	31.1	62.3
3:50	31.9	62	31.6	60	29.8	65	31.1	62.3
4:00	31.8	62	31.6	60	29.7	65	31.0	62.3
4:10	31.8	62	31.6	60	29.7	65	31.0	62.3
4:20	31.7	62	31.6	61	29.7	65	31.0	62.7
4:30	31.7	62	31.5	61	29.7	65	31.0	62.7
4:40	31.6	62	31.5	61	29.7	65	30.9	62.7
4:50	31.6	62	31.5	61	29.6	65	30.9	62.7
5:00	31.5	62	31.5	61	29.6	65	30.9	62.7
5:10	31.5	62	31.5	61	29.6	66	30.9	63.0
5:20	31.4	62	31.5	61	29.6	66	30.8	63.0
5:30	31.4	62	31.4	61	29.6	66	30.8	63.0
5:40	31.3	62	31.4	61	29.5	66	30.7	63.0
5:50	31.3	62	31.4	61	29.5	66	30.7	63.0
6:00	31.2	63	31.4	61	29.5	66	30.7	63.3
6:10	31.2	64	31.4	61	29.5	66	30.7	63.7
6:20	31.2	64	31.4	61	29.5	67	30.7	64.0
6:30	31.2	64	31.4	61	29.5	67	30.7	64.0
6:40	31.2	64	31.4	61	29.5	67	30.7	64.0
6:50	31.2	65	31.4	61	29.5	67	30.7	64.3
7:00	31.2	65	31.4	61	29.6	67	30.7	64.3
7:10	31.2	65	31.4	61	29.5	67	30.7	64.3
7:20	31.2	65	31.4	61	29.5	67	30.7	64.3
7:30	31.1	65	31.4	61	29.5	67	30.7	64.3
7:40	31.1	65	31.3	61	29.4	67	30.6	64.3
7:50	31.0	65	31.3	61	29.4	67	30.6	64.3
8:00	30.9	65	31.3	61	29.3	67	30.5	64.3
8:10	30.8	65	31.2	61	29.2	67	30.4	64.3
8:20	30.7	65	31.2	61	29.2	67	30.4	64.3
8:30	30.7	64	31.3	61	29.1	67	30.4	64.0
8:40	30.7	65	31.2	62	29.1	67	30.3	64.7
8:50	30.7	64	31.3	61	29.0	67	30.3	64.0
9:00	30.7	63	31.3	61	29.1	68	30.4	64.0
9:10	30.7	63	31.3	61	29.1	68	30.4	64.0
9:20	30.7	63	31.3	61	29.1	68	30.4	64.0
9:30	30.7	63	31.3	61	29.1	68	30.4	64.0

記録日時	8月19日		8月20日		8月22日		平均値	
	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)
9:40	30.7	63	31.4	61	29.1	68	30.4	64.0
9:50	30.7	63	31.4	61	29.2	68	30.4	64.0
10:00	30.8	63	31.4	61	29.2	68	30.5	64.0
10:10	30.8	63	31.5	60	29.2	69	30.5	64.0
10:20	30.8	63	31.5	61	29.3	69	30.5	64.3
10:30	30.9	63	31.6	61	29.4	69	30.6	64.3
10:40	30.9	63	31.6	60	29.4	69	30.6	64.0
10:50	31.0	63	31.6	60	29.5	69	30.7	64.0
11:00	31.0	63	31.7	60	29.5	69	30.7	64.0
11:10	31.1	62	31.8	60	29.6	69	30.8	63.7
11:20	31.1	62	31.8	60	29.7	69	30.9	63.7
11:30	31.2	62	31.9	60	29.7	69	30.9	63.7
11:40	31.2	62	31.9	60	29.8	69	31.0	63.7
11:50	31.3	61	32.0	60	29.9	69	31.1	63.3
12:00	31.4	61	32.0	60	29.9	69	31.1	63.3
12:10	31.4	61	32.0	60	30.0	69	31.1	63.3
12:20	31.5	61	32.0	60	30.0	68	31.2	63.0
12:30	31.6	61	32.1	60	30.1	68	31.3	63.0
12:40	31.6	61	32.0	60	30.2	67	31.3	62.7
12:50	31.7	60	32.0	60	30.2	67	31.3	62.3
13:00	31.7	60	32.0	60	30.3	67	31.3	62.3
13:10	31.8	60	32.0	60	30.3	67	31.4	62.3
13:20	31.8	60	32.0	60	30.4	67	31.4	62.3
13:30	31.9	60	32.0	60	30.4	67	31.4	62.3
13:40	31.9	60	32.0	60	30.5	67	31.5	62.3
13:50	31.9	60	32.0	60	30.5	67	31.5	62.3
14:00	32.0	59	31.9	60	30.6	67	31.5	62.0
14:10	32.0	59	31.9	60	30.6	67	31.5	62.0
14:20	32.0	58	31.9	60	30.6	67	31.5	61.7
14:30	32.1	58	31.9	60	30.7	67	31.6	61.7
14:40	32.1	57	31.9	60	30.7	67	31.6	61.3
14:50	32.1	57	31.9	60	30.7	67	31.6	61.3
15:00	32.2	57	31.9	60	30.8	67	31.6	61.3
15:10	32.2	57	31.9	60	30.8	67	31.6	61.3
15:20	32.3	58	32.0	60	30.9	67	31.7	61.7
15:30	32.3	58	32.0	60	30.9	67	31.7	61.7
15:40	32.3	58	32.0	60	30.9	67	31.7	61.7
15:50	32.4	58	32.0	60	31.0	67	31.8	61.7
16:00	32.4	57	32.0	60	31.0	67	31.8	61.3
16:10	32.5	57	32.1	60	31.1	66	31.9	61.0
16:20	32.5	58	32.1	60	31.1	66	31.9	61.3
16:30	32.5	57	32.1	60	31.1	66	31.9	61.0
16:40	32.6	57	32.1	60	31.2	66	32.0	61.0
16:50	32.6	57	32.1	60	31.2	65	32.0	60.7
17:00	32.6	57	32.1	60	31.2	65	32.0	60.7
17:10	32.6	56	32.1	60	31.2	65	32.0	60.3
17:20	32.6	57	32.1	60	31.3	63	32.0	60.0

記録日時	8月19日		8月20日		8月22日		平均値	
	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)
17:30	32.7	56	32.1	59	31.3	64	32.0	59.7
17:40	32.7	56	32.1	59	31.3	64	32.0	59.7
17:50	32.7	57	32.1	59	31.3	64	32.0	60.0
18:00	32.7	57	32.1	59	31.3	64	32.0	60.0
18:10	32.6	57	32.1	59	31.3	64	32.0	60.0
18:20	32.6	56	32.1	59	31.3	64	32.0	59.7
18:30	32.6	56	32.1	59	31.3	64	32.0	59.7
18:40	32.6	57	32.1	59	31.3	64	32.0	60.0
18:50	32.6	56	32.1	59	31.3	64	32.0	59.7
19:00	32.6	56	32.1	59	31.3	63	32.0	59.3
19:10	32.6	56	32.1	59	31.3	63	32.0	59.3
19:20	32.6	57	32.1	59	31.4	63	32.0	59.7
19:30	32.6	57	32.2	59	31.4	63	32.1	59.7
19:40	32.7	57	32.2	59	31.4	63	32.1	59.7
19:50	32.7	57	32.2	59	31.4	63	32.1	59.7
20:00	32.7	57	32.2	59	31.4	63	32.1	59.7
20:10	32.7	57	32.1	60	31.4	63	32.1	60.0
20:20	32.7	57	32.1	60	31.4	63	32.1	60.0
20:30	32.8	57	32.1	60	31.4	63	32.1	60.0
20:40	32.8	56	32.1	59	31.4	63	32.1	59.3
20:50	32.8	57	32.1	59	31.4	63	32.1	59.7
21:00	32.7	57	32.2	59	31.4	63	32.1	59.7
21:10	32.7	57	32.2	59	31.4	63	32.1	59.7
21:20	32.7	57	32.2	59	31.4	63	32.1	59.7
21:30	32.7	57	32.2	59	31.4	63	32.1	59.7
21:40	32.7	57	32.1	59	31.4	63	32.1	59.7
21:50	32.6	56	32.1	60	31.3	63	32.0	59.7
22:00	32.6	56	32.1	59	31.3	63	32.0	59.3
22:10	32.6	56	32.1	60	31.3	63	32.0	59.7
22:20	32.5	57	32.1	60	31.2	64	31.9	60.3
22:30	32.5	57	32.1	60	31.2	64	31.9	60.3
22:40	32.4	57	32.0	59	31.2	64	31.9	60.0
22:50	32.4	58	32.0	59	31.2	64	31.9	60.3
23:00	32.4	58	32.0	59	31.1	64	31.8	60.3
23:10	32.4	58	32.0	59	31.1	64	31.8	60.3
23:20	32.4	58	31.9	59	31.1	64	31.8	60.3
23:30	32.3	58	31.9	59	31.0	63	31.7	60.0
23:40	32.3	58	31.9	59	30.9	63	31.7	60.0
23:50	32.3	58	31.8	59	30.8	62	31.6	59.7
平均値	32.0	59.9	31.8	59.9	30.3	65.6	31.4	61.8

3) 室内温度(段ボール無し)

記録日時	2011/08/16		2011/08/17		2011/08/18		平均値	
	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)
0:00	28.5	54	29.1	53	28.3	48	28.6	51.7
0:10	28.3	53	28.8	50	28.0	48	28.4	50.3
0:20	28.1	52	28.5	50	27.9	48	28.2	50.0
0:30	27.9	52	28.4	49	28.8	50	28.4	50.3
0:40	27.8	51	28.2	48	29.4	52	28.5	50.3
0:50	28.3	56	28.0	47	29.8	54	28.7	52.3
1:00	28.8	59	28.8	51	30.0	55	29.2	55.0
1:10	29.1	60	29.3	54	30.2	56	29.5	56.7
1:20	29.3	62	29.5	56	30.4	57	29.7	58.3
1:30	29.4	64	29.7	57	30.5	59	29.9	60.0
1:40	29.6	65	29.9	59	30.6	60	30.0	61.3
1:50	29.6	66	30.0	60	30.6	61	30.1	62.3
2:00	29.7	67	30.1	61	30.7	62	30.2	63.3
2:10	29.8	68	30.2	62	30.7	62	30.2	64.0
2:20	29.9	69	30.3	63	30.8	63	30.3	65.0
2:30	29.9	69	30.3	64	30.8	63	30.3	65.3
2:40	29.9	69	30.4	65	30.8	63	30.4	65.7
2:50	30.0	70	30.4	66	30.8	64	30.4	66.7
3:00	30.0	71	30.4	66	30.8	65	30.4	67.3
3:10	30.0	71	30.5	67	30.8	65	30.4	67.7
3:20	30.0	71	30.5	67	30.8	66	30.4	68.0
3:30	30.0	72	30.5	68	30.8	66	30.4	68.7
3:40	30.0	72	30.5	68	30.9	66	30.5	68.7
3:50	30.0	73	30.5	68	30.8	67	30.4	69.3
4:00	30.0	73	30.5	68	30.8	67	30.4	69.3
4:10	30.0	72	30.5	69	30.8	68	30.4	69.7
4:20	30.0	72	30.5	69	30.8	68	30.4	69.7
4:30	30.1	73	30.5	69	30.8	68	30.5	70.0
4:40	30.1	73	30.5	69	30.8	68	30.5	70.0
4:50	30.1	73	30.5	70	30.8	68	30.5	70.3
5:00	30.0	75	30.5	70	30.8	69	30.4	71.3
5:10	30.0	75	30.4	70	30.8	69	30.4	71.3
5:20	30.0	75	30.4	70	30.8	69	30.4	71.3
5:30	30.0	75	30.4	71	30.8	69	30.4	71.7
5:40	30.0	75	30.4	71	30.7	70	30.4	72.0
5:50	29.9	75	30.4	71	30.7	70	30.3	72.0
6:00	29.9	75	30.4	71	30.7	70	30.3	72.0
6:10	29.9	76	30.3	71	30.7	70	30.3	72.3
6:20	29.7	76	30.2	71	30.5	70	30.1	72.3
6:30	29.7	76	30.0	73	30.4	71	30.0	73.3
6:40	29.6	77	29.9	74	30.3	71	29.9	74.0
6:50	29.5	77	29.9	74	30.4	72	29.9	74.3
7:00	29.4	78	29.9	74	30.4	72	29.9	74.7
7:10	29.3	78	29.9	75	30.4	72	29.9	75.0
7:20	29.3	79	29.8	75	30.4	72	29.8	75.3
7:30	29.3	79	29.9	75	30.3	73	29.8	75.7

記録日時	2011/08/16		2011/08/17		2011/08/18		平均値	
	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)
7:40	29.3	79	29.8	75	30.3	73	29.8	75.7
7:50	29.2	78	29.8	74	30.3	73	29.8	75.0
8:00	29.2	78	29.8	75	30.3	72	29.8	75.0
8:10	29.2	78	29.9	74	30.3	72	29.8	74.7
8:20	29.3	78	30.0	73	30.3	72	29.9	74.3
8:30	29.4	78	30.0	72	30.3	71	29.9	73.7
8:40	29.5	77	30.1	70	30.4	71	30.0	72.7
8:50	29.6	76	30.1	70	30.4	70	30.0	72.0
9:00	29.8	75	30.1	70	30.4	70	30.1	71.7
9:10	29.8	74	30.1	69	30.4	71	30.1	71.3
9:20	29.9	74	30.2	68	30.5	71	30.2	71.0
9:30	30.0	73	30.3	66	30.5	71	30.3	70.0
9:40	30.1	73	30.4	65	30.5	72	30.3	70.0
9:50	30.3	72	30.5	64	30.6	72	30.5	69.3
10:00	30.3	72	30.6	63	30.5	72	30.5	69.0
10:10	30.4	71	30.7	64	30.7	73	30.6	69.3
10:20	30.4	71	30.8	64	30.6	73	30.6	69.3
10:30	30.4	71	30.8	65	30.7	73	30.6	69.7
10:40	30.6	71	30.9	66	30.8	73	30.8	70.0
10:50	30.8	71	31.0	67	31.0	73	30.9	70.3
11:00	30.7	71	31.0	67	31.0	72	30.9	70.0
11:10	30.7	70	31.2	66	31.0	72	31.0	69.3
11:20	30.8	70	31.3	65	31.1	71	31.1	68.7
11:30	30.8	69	31.4	64	31.1	71	31.1	68.0
11:40	30.9	69	31.5	63	31.3	71	31.2	67.7
11:50	31.0	68	31.6	63	31.4	70	31.3	67.0
12:00	31.1	68	31.7	62	31.5	70	31.4	66.7
12:10	31.4	65	31.8	62	31.6	69	31.6	65.3
12:20	31.7	63	31.8	62	31.6	69	31.7	64.7
12:30	31.9	63	31.9	61	31.6	68	31.8	64.0
12:40	31.9	62	32.0	61	31.6	68	31.8	63.7
12:50	31.9	63	32.0	60	31.6	68	31.8	63.7
13:00	32.2	62	32.2	60	31.6	68	32.0	63.3
13:10	32.2	61	32.3	59	31.7	67	32.1	62.3
13:20	32.4	61	32.3	58	31.8	67	32.2	62.0
13:30	32.5	61	32.4	59	32.1	67	32.3	62.3
13:40	32.6	60	32.5	60	32.3	67	32.5	62.3
13:50	32.5	61	32.6	59	32.2	67	32.4	62.3
14:00	32.4	61	32.7	56	32.0	67	32.4	61.3
14:10	32.4	61	32.8	56	31.8	67	32.3	61.3
14:20	32.3	62	32.9	56	31.8	67	32.3	61.7
14:30	32.2	63	32.9	57	31.7	67	32.3	62.3
14:40	32.3	64	33.2	56	31.7	67	32.4	62.3
14:50	32.5	64	33.3	55	31.6	67	32.5	62.0
15:00	32.6	63	33.3	55	31.7	67	32.5	61.7
15:10	32.8	63	33.4	55	32.0	67	32.7	61.7
15:20	32.9	63	33.5	55	32.2	66	32.9	61.3

記録日時	2011/08/16		2011/08/17		2011/08/18		平均値	
	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)
15:30	32.9	61	33.3	56	32.1	65	32.8	60.7
15:40	32.9	61	33.4	58	32.0	65	32.8	61.3
15:50	33.0	61	33.4	56	31.8	64	32.7	60.3
16:00	33.1	60	33.3	58	31.6	64	32.7	60.7
16:10	33.1	60	33.2	58	31.5	63	32.6	60.3
16:20	33.1	61	33.1	60	31.5	64	32.6	61.7
16:30	33.1	61	33.1	59	31.5	64	32.6	61.3
16:40	33.1	61	33.0	60	31.5	64	32.5	61.7
16:50	33.1	61	32.9	61	31.6	65	32.5	62.3
17:00	33.1	61	33.0	60	31.8	65	32.6	62.0
17:10	33.2	61	33.0	61	31.8	65	32.7	62.3
17:20	33.2	61	33.0	60	31.9	65	32.7	62.0
17:30	33.2	62	33.1	60	32.0	65	32.8	62.3
17:40	33.1	62	32.8	61	32.0	65	32.6	62.7
17:50	32.9	63	32.7	62	31.9	65	32.5	63.3
18:00	32.6	64	32.6	62	31.9	66	32.4	64.0
18:10	32.4	66	32.4	64	31.9	66	32.2	65.3
18:20	32.2	66	32.2	64	31.8	66	32.1	65.3
18:30	32.1	66	32.1	65	31.5	65	31.9	65.3
18:40	31.9	67	31.9	65	31.3	66	31.7	66.0
18:50	31.8	67	31.8	65	31.2	67	31.6	66.3
19:00	31.6	68	31.8	65	31.2	68	31.5	67.0
19:10	31.6	69	31.5	66	31.1	68	31.4	67.7
19:20	31.6	69	31.5	66	31.1	68	31.4	67.7
19:30	31.8	69	31.5	67	31.1	68	31.5	68.0
19:40	32.0	69	31.4	67	31.2	70	31.5	68.7
19:50	32.0	68	31.4	68	31.2	69	31.5	68.3
20:00	31.7	69	31.4	68	31.1	69	31.4	68.7
20:10	31.6	69	31.4	67	31.1	69	31.4	68.3
20:20	31.6	69	31.3	67	31.0	69	31.3	68.3
20:30	31.4	70	31.2	68	30.9	69	31.2	69.0
20:40	31.2	72	31.2	69	30.9	69	31.1	70.0
20:50	31.2	72	31.2	69	30.9	69	31.1	70.0
21:00	30.9	73	31.2	69	31.0	69	31.0	70.3
21:10	30.9	73	31.0	70	31.0	69	31.0	70.7
21:20	30.9	73	31.1	70	31.0	69	31.0	70.7
21:30	30.9	73	31.1	69	31.0	69	31.0	70.3
21:40	31.0	73	31.1	69	30.9	69	31.0	70.3
21:50	31.0	73	31.0	70	30.9	69	31.0	70.7
22:00	30.9	73	31.1	69	31.0	69	31.0	70.3
22:10	31.0	73	30.9	70	30.8	69	30.9	70.7
22:20	31.0	73	30.8	70	30.7	69	30.8	70.7
22:30	31.0	73	30.6	70	30.5	68	30.7	70.3
22:40	31.0	73	30.6	71	30.5	68	30.7	70.7
22:50	30.7	73	30.6	71	30.5	69	30.6	71.0
23:00	30.7	73	30.5	69	30.4	70	30.5	70.7
23:10	30.8	74	30.1	62	30.4	70	30.4	68.7

記録日時	2011/08/16		2011/08/17		2011/08/18		平均値	
	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)
23:20	30.5	70	29.7	55	30.6	70	30.3	65.0
23:30	30.1	63	29.2	52	30.7	70	30.0	61.7
23:40	29.8	59	28.8	50	30.8	70	29.8	59.7
23:50	29.5	55	28.5	49	30.9	70	29.6	58.0
平均値	30.8	68.3	31.0	64.1	30.9	67.2	30.9	66.5

4) 室内温度(段ボール有り)

記録日時	2011/08/19		2011/08/20		2011/08/22		平均値	
	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)
0:00	30.9	71	30.2	70	27.4	55	29.5	65.3
0:10	31.0	72	30.2	70	27.9	58	29.7	66.7
0:20	31.0	72	30.2	70	28.3	61	29.8	67.7
0:30	31.0	72	30.2	70	28.5	63	29.9	68.3
0:40	31.0	71	30.4	69	28.7	65	30.0	68.3
0:50	31.0	71	30.6	69	28.8	65	30.1	68.3
1:00	31.0	71	30.6	69	28.9	66	30.2	68.7
1:10	31.0	71	30.7	69	29.0	67	30.2	69.0
1:20	31.0	71	30.7	69	29.0	68	30.2	69.3
1:30	31.0	71	30.8	69	29.1	69	30.3	69.7
1:40	31.0	71	30.8	69	29.1	69	30.3	69.7
1:50	31.0	71	30.8	69	29.1	70	30.3	70.0
2:00	30.9	71	30.8	69	29.2	71	30.3	70.3
2:10	30.9	72	30.8	69	29.2	71	30.3	70.7
2:20	30.9	72	30.8	69	29.2	72	30.3	71.0
2:30	30.9	72	30.8	69	29.3	72	30.3	71.0
2:40	30.9	72	30.8	69	29.3	73	30.3	71.3
2:50	30.9	72	30.8	69	29.3	73	30.3	71.3
3:00	30.8	72	30.8	69	29.3	73	30.3	71.3
3:10	30.8	72	30.7	70	29.3	74	30.3	72.0
3:20	30.8	72	30.7	70	29.3	74	30.3	72.0
3:30	30.8	72	30.7	70	29.3	74	30.3	72.0
3:40	30.8	72	30.7	70	29.3	74	30.3	72.0
3:50	30.7	72	30.7	70	29.3	74	30.2	72.0
4:00	30.7	72	30.7	70	29.3	74	30.2	72.0
4:10	30.7	72	30.7	70	29.3	74	30.2	72.0
4:20	30.7	72	30.7	70	29.3	74	30.2	72.0
4:30	30.6	72	30.6	70	29.2	75	30.1	72.3
4:40	30.6	72	30.6	70	29.2	75	30.1	72.3
4:50	30.6	72	30.6	70	29.3	75	30.2	72.3
5:00	30.5	72	30.6	70	29.2	75	30.1	72.3
5:10	30.5	72	30.6	70	29.2	75	30.1	72.3
5:20	30.5	73	30.6	70	29.2	75	30.1	72.7
5:30	30.5	73	30.5	70	29.2	76	30.1	73.0
5:40	30.4	73	30.5	70	29.2	76	30.0	73.0
5:50	30.4	73	30.5	70	29.2	76	30.0	73.0
6:00	30.3	73	30.5	70	29.2	76	30.0	73.0

記録日時	2011/08/19		2011/08/20		2011/08/22		平均値	
	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)
6:10	30.3	73	30.4	70	29.1	76	29.9	73.0
6:20	30.3	73	30.3	70	29.0	76	29.9	73.0
6:30	30.2	73	30.3	70	29.0	76	29.8	73.0
6:40	30.2	75	30.2	70	29.0	76	29.8	73.7
6:50	29.9	76	30.1	70	28.9	76	29.6	74.0
7:00	29.9	76	30.0	71	28.8	76	29.6	74.3
7:10	29.9	75	29.9	72	28.7	76	29.5	74.3
7:20	29.9	75	29.8	72	28.5	76	29.4	74.3
7:30	29.9	74	29.8	73	28.5	76	29.4	74.3
7:40	29.9	74	29.8	73	28.4	76	29.4	74.3
7:50	29.8	73	29.8	73	28.5	76	29.4	74.0
8:00	29.8	72	29.9	73	28.5	76	29.4	73.7
8:10	29.8	72	29.9	72	28.5	75	29.4	73.0
8:20	29.9	71	29.9	72	28.5	76	29.4	73.0
8:30	30.0	72	30.0	71	28.6	76	29.5	73.0
8:40	30.0	70	30.0	70	28.6	77	29.5	72.3
8:50	30.0	67	30.0	71	28.7	77	29.6	71.7
9:00	30.1	65	30.1	70	28.7	76	29.6	70.3
9:10	30.1	64	30.2	71	28.9	76	29.7	70.3
9:20	30.1	64	30.2	70	28.9	76	29.7	70.0
9:30	30.2	65	30.3	69	29.0	76	29.8	70.0
9:40	30.3	64	30.4	68	29.1	76	29.9	69.3
9:50	30.4	64	30.4	68	29.2	76	30.0	69.3
10:00	30.4	63	30.5	68	29.3	76	30.1	69.0
10:10	30.5	63	30.6	67	29.4	75	30.2	68.3
10:20	30.6	64	30.6	68	29.6	75	30.3	69.0
10:30	30.8	65	30.7	68	29.7	74	30.4	69.0
10:40	30.8	65	30.9	68	29.7	74	30.5	69.0
10:50	30.9	64	30.9	67	29.9	73	30.6	68.0
11:00	31.0	64	31.0	66	30.0	72	30.7	67.3
11:10	31.1	63	31.2	66	30.1	71	30.8	66.7
11:20	31.2	62	31.4	65	30.2	72	30.9	66.3
11:30	31.3	62	31.3	64	30.3	71	31.0	65.7
11:40	31.4	62	31.2	66	30.4	71	31.0	66.3
11:50	31.4	64	31.1	66	30.5	72	31.0	67.3
12:00	31.5	64	31.0	68	30.6	70	31.0	67.3
12:10	31.5	64	31.0	68	30.7	70	31.1	67.3
12:20	31.6	64	31.1	68	30.8	70	31.2	67.3
12:30	31.7	62	31.2	68	30.8	70	31.2	66.7
12:40	31.7	62	31.2	68	30.9	70	31.3	66.7
12:50	31.8	62	31.1	68	31.0	70	31.3	66.7
13:00	31.8	63	31.1	68	31.1	69	31.3	66.7
13:10	31.9	62	31.1	68	31.2	68	31.4	66.0
13:20	31.9	62	31.0	69	31.2	68	31.4	66.3
13:30	32.0	61	30.9	69	31.2	67	31.4	65.7
13:40	32.1	61	30.8	68	31.3	67	31.4	65.3
13:50	32.1	61	30.8	68	31.3	67	31.4	65.3

記録日時	2011/08/19		2011/08/20		2011/08/22		平均値	
	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)
14:00	32.1	60	30.8	69	31.4	67	31.4	65.3
14:10	32.1	59	30.8	69	31.4	67	31.4	65.0
14:20	32.1	58	30.8	68	31.4	67	31.4	64.3
14:30	32.0	58	30.8	69	31.5	67	31.4	64.7
14:40	32.0	58	30.8	69	31.4	67	31.4	64.7
14:50	32.1	59	30.8	69	31.5	68	31.5	65.3
15:00	32.0	59	30.9	69	31.5	67	31.5	65.0
15:10	32.1	61	31.0	68	31.5	67	31.5	65.3
15:20	32.0	61	31.0	68	31.5	67	31.5	65.3
15:30	31.9	60	31.2	68	31.6	67	31.6	65.0
15:40	32.0	59	31.1	67	31.7	67	31.6	64.3
15:50	32.1	60	31.2	67	31.7	67	31.7	64.7
16:00	32.2	60	31.3	66	31.7	66	31.7	64.0
16:10	32.2	60	31.3	66	31.6	66	31.7	64.0
16:20	31.8	60	31.3	66	31.6	65	31.6	63.7
16:30	31.8	61	31.3	66	31.5	65	31.5	64.0
16:40	31.8	62	31.2	66	31.5	65	31.5	64.3
16:50	31.8	62	31.3	66	31.4	65	31.5	64.3
17:00	31.8	62	31.2	66	31.4	65	31.5	64.3
17:10	31.8	62	31.2	65	31.3	65	31.4	64.0
17:20	31.8	62	31.2	65	31.2	65	31.4	64.0
17:30	31.7	62	31.1	64	31.3	65	31.4	63.7
17:40	31.6	62	31.1	65	31.2	66	31.3	64.3
17:50	31.6	63	31.0	66	31.2	66	31.3	65.0
18:00	31.4	64	30.9	67	31.1	66	31.1	65.7
18:10	31.4	64	30.8	67	31.0	67	31.1	66.0
18:20	31.3	63	30.8	67	31.0	67	31.0	65.7
18:30	31.3	64	30.8	67	30.9	67	31.0	66.0
18:40	31.3	64	30.9	68	30.7	67	31.0	66.3
18:50	31.3	64	31.0	67	30.6	68	31.0	66.3
19:00	31.2	65	31.1	67	30.5	69	30.9	67.0
19:10	31.2	65	31.1	67	30.6	69	31.0	67.0
19:20	31.1	66	31.1	67	30.7	69	31.0	67.3
19:30	31.1	65	31.1	67	30.6	69	30.9	67.0
19:40	31.2	65	31.1	67	30.5	69	30.9	67.0
19:50	31.1	66	31.1	67	30.5	69	30.9	67.3
20:00	31.0	66	31.1	67	30.5	69	30.9	67.3
20:10	30.9	66	31.1	67	30.4	69	30.8	67.3
20:20	30.9	66	31.0	67	30.2	69	30.7	67.3
20:30	30.9	66	30.8	68	30.3	69	30.7	67.7
20:40	30.9	66	30.6	68	30.2	70	30.6	68.0
20:50	30.8	67	30.5	68	30.2	71	30.5	68.7
21:00	30.9	67	30.3	69	30.1	71	30.4	69.0
21:10	30.8	67	30.3	70	30.1	71	30.4	69.3
21:20	30.8	67	30.2	70	30.1	72	30.4	69.7
21:30	30.6	66	30.2	70	29.9	74	30.2	70.0
21:40	30.6	66	30.2	70	29.8	74	30.2	70.0

記録日時	2011/08/19		2011/08/20		2011/08/22		平均値	
	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)
21:50	30.6	66	30.2	70	29.7	75	30.2	70.3
22:00	30.5	67	30.1	70	29.7	76	30.1	71.0
22:10	30.6	67	30.1	70	29.7	75	30.1	70.7
22:20	30.5	67	30.0	71	29.7	75	30.1	71.0
22:30	30.4	68	29.9	71	29.7	75	30.0	71.3
22:40	30.4	68	29.8	71	29.7	75	30.0	71.3
22:50	30.3	68	29.8	71	29.7	75	29.9	71.3
23:00	30.4	68	29.8	71	29.6	74	29.9	71.0
23:10	30.2	69	29.8	72	29.4	71	29.8	70.7
23:20	30.0	71	29.8	71	29.5	70	29.8	70.7
23:30	29.9	71	29.8	71	29.2	66	29.6	69.3
23:40	30.0	70	30.0	71	28.8	61	29.6	67.3
23:50	30.1	70	29.7	67	28.5	58	29.4	65.0
平均値	31.0	66.9	30.6	68.8	29.9	70.8	30.5	68.8

5) 日本気象協会データ(段ボール無しの日)

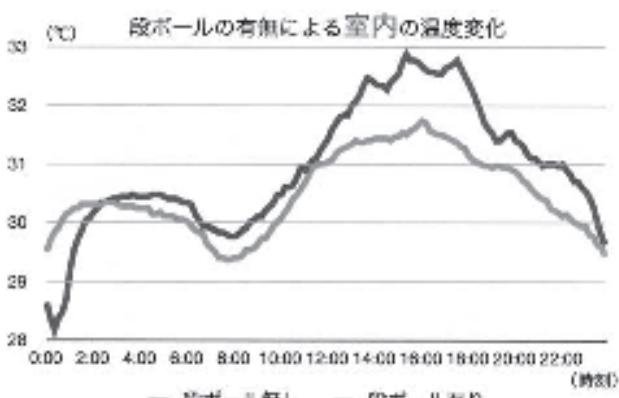
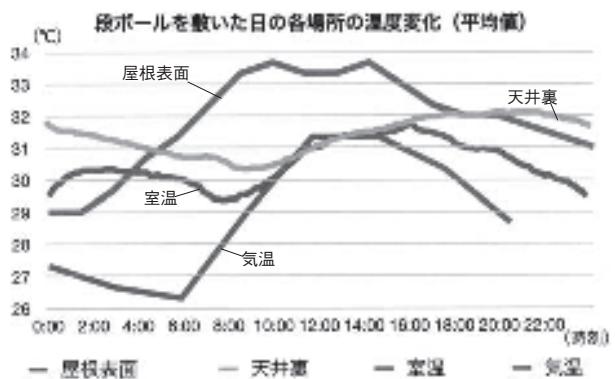
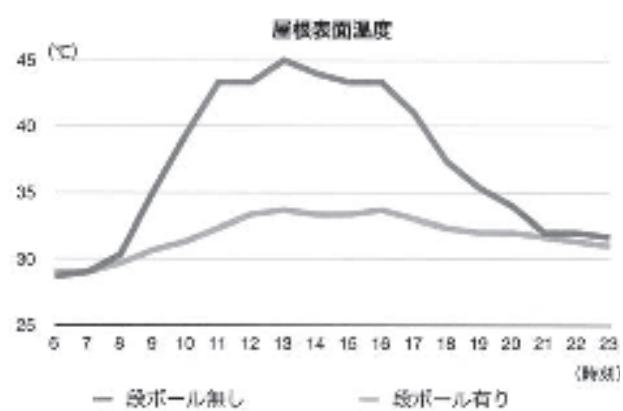
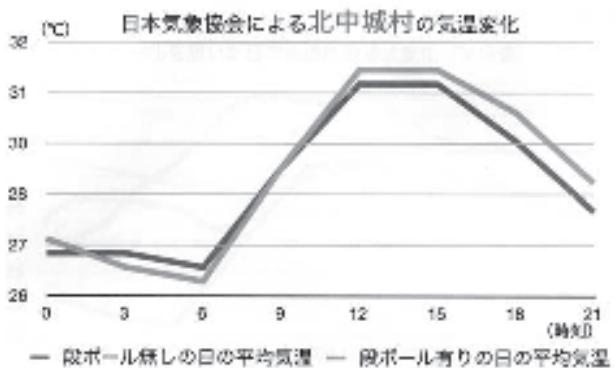
記録日時	8月16日		8月17日		8月18日		平均値	
	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)
0	27	94	27	92	27	86	27.0	90.7
3	27	93	27	94	27	85	27.0	90.7
6	27	94	27	92	26	84	26.7	90.0
9	29	84	29	84	29	78	29.0	82.0
12	31	76	31	78	31	74	31.0	76.0
15	31	78	31	77	31	72	31.0	75.7
18	30	84	30	80	29	76	29.7	80.0
21	28	90	28	86	28	82	28.0	86.0
平均値	28.8	86.6	28.8	85.4	28.5	79.6	28.7	83.9

6) 日本気象協会データ(段ボール有りの日)

記録日時	8月19日		8月20日		8月22日		平均値	
	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)
0	28	82	27	82	27	80	27.3	81.3
3	27	83	27	83	26	81	26.7	82.3
6	27	84	26	84	26	80	26.3	82.7
9	29	78	29	76	29	72	29.0	75.3
12	31	72	31	70	32	66	31.3	69.3
15	31	70	31	70	32	66	31.3	68.7
18	30	76	30	76	31	70	30.3	74.0
21	28	82	29	80	29	74	28.7	78.7
平均値	28.9	78.4	28.8	77.6	29.0	73.6	28.9	76.5

7) 段ボールの有無による屋根表面温度の変化

記録日時	8月19日		8月20日		8月22日		平均値	
	段ボール無し(°C)	段ボール有り(°C)	段ボール無し(°C)	段ボール有り(°C)	段ボール無し(°C)	段ボール有り(°C)	段ボール無し(°C)	段ボール有り(°C)
6	29	29	31	31	26	27	28.7	29.0
7	30	29	31	31	26	27	29.0	29.0
8	33	30	32	31	26	28	30.3	29.7
9	36	31	42	33	27	28	35.0	30.7
10	42	32	43	33	33	29	39.3	31.3
11	46	33	47	34	37	30	43.3	32.3
12	50	35	43	34	37	31	43.3	33.3
13	52	36	42	34	41	31	45.0	33.7
14	52	36	39	33	41	31	44.0	33.3
15	51	36	38	33	41	31	43.3	33.3
16	49	36	41	34	40	31	43.3	33.7
17	44	35	41	34	38	30	41.0	33.0
18	40	34	37	33	35	30	37.3	32.3
19	37	34	36	32	33	30	35.3	32.0
20	37	34	33	32	32	30	34.0	32.0
21	33	34	32	32	31	29	32.0	31.7
22	33	33	32	32	31	29	32.0	31.3
23	33	32	32	32	30	29	31.7	31.0
平均値	40.4	33.3	37.3	32.7	33.6	29.5	37.1	31.8



各場所の最高温度と時間帯は以下のとおり

	段ボールの有無	最高温度 (°C)	時間帯
天井裏	無	34.8	20:00-20:20
	有	32.1	19:30-21:40
室内	無	32.9	15:30
	有	31.7	15:50-16:10
気温	無	31	12-15
	有	31.3	12-15
屋根表面	無	45	13
	有	33.7	13:16

気温はほとんど同じだが、段ボールを屋根においた方が、段ボール無しの日に比べて各場所の温度は低くなっています。気温と各場所の温度のピークにずれが見られました。



【考 察】

中村家住宅は、約280年前の代表的な沖縄の農家で戦前の沖縄の住居建築の特色をすべて備えている建物です。¹⁾我が家と同じ北中城村内にあり、直線距離で約1.8km²⁾に位置し気象条件が我が家とほぼ同じと考えられ、比較実験に適していると考えました。クーラーや扇風機のなかった時代の家から、沖縄に多いコンクリート住宅で涼しく過ごすヒントを探ることとしました。

【実験 1】 この実験では中村家と我が家との温度・湿度を同時に測定しその変化を比較しました。そして、中村家が涼しいと感じたことは正しいのか、涼しいとしたらどのくらいの差があるのかを確かめました。

まず、中村家と我が家で同じであったのが、温度・湿度のグラフの形です。最高値・最低値には差があるものの変化の仕方は似ていました。温度では常に中村家が我が家より低く、湿度は我が家の方が低くなっていました。温度に注目すると、中村家の方が最高温度で2.7℃、最低温度で2.3℃、1日の平均温度でも2.2℃、我が家より低くなっていました。中村家が涼しいと感じたことは、正しいことがわかりました。

次に異なる所は、我が家の方が中村家よりグラフが少し右側にずれていると言うことです。これは、変化が遅れて現れているという事で、特に温度では最高温度で45分、最低温度で35分遅れています。地域の6~21時の気温変化(日本気象協会別添資料)では、最低気温が6時、最高気温が12~15時であることから、中村家は気温変化に比較的近く、我が家は遅れる傾向があると言えます。

【実験 2】 【実験 1】で、中村家が温度が低く涼しいことがわかりましたが、意外な気がしました。もっと温度差があるのではないかということです。中村家を訪れて感じたことは風が心地良く吹いていること、壁や天井から熱気を感じないことでした。そこで、まず室内に吹く風の様子を我が家と比較することにしたのがこの実験です。この実験では、我が家と中村家で室内に置いた風船を同時に5分間ビデオ撮影しました。ビデオから1秒ごとの連続写真を作成しました。そして写真の風船の動きから風の強さを無風・弱風・中風・強風の4つの種類に分けカウントしました。その結果、中村家は、無風状態が少なく強い風の割合も多いことがわかりました。

私たちが実際に感じる温度として、体感温度があります。「体感温度とは、人間の肌が感じる温度の感覚を、数値に表したものである。大まかには温度であるが、実際には湿度や風速等によって影響されやすく、一般的には風が強いときほど体感温度は下がる。」⁴⁾とされ、中村家も風がよく吹くことから、【実験 1】で記録された温度差以上に涼しく感じるのでないかと考えました。

【実験 3】 この実験では、我が家で過ごして感じられる建物自体からの熱感が中村家とは違っていることに着目して実験を考えました。コンクリートブロックを我が家、木材ブロックを中村家に見立てて、温度測定を行い、素材の違いが涼しさにどのように関係しているのかを考えました。

まず、屋外放置してあった二つのブロックは、早朝と深夜においてわずかに、コンクリートの方が温度が低くなっていました。次にコンクリートは日の出と共に温度が上昇し木材と最大8.3℃の差を生じていました。その後、日が傾くと温度が下降し、日没以降では木材より低下していました。この結果からコンクリートは熱をためやすく、また熱を逃がしやすい性質があるように思われました。また、木材はコンクリートに比べ熱をためにくい性質があるように思われました。

その理由を考えてみると、木材に比べて約3倍熱容量が大きいコンクリートは、温度が上がりにくはずですが、熱伝導率が10倍大きいので、その結果としてコンクリートブロックの方が木材ブロックより温度が上昇しやすい結果となっていると考えられます。

	コンクリートブロック 4,000g	木材ブロック 1,000g
比熱(J/g・K)	0.84	1.3
熱容量(J/K)	3,360	1,300
熱伝導率(W/mk)	1.6	0.12
それぞれの素材の特性 ^{5,6,7)}		

ところで、暑さを感じる感覚(体感温度)には気温だけではなく、湿度や輻射熱なども大きく影響していると言われています。熱中症対策に利用されている暑さ指数(WBGT)は気温・湿度・輻射熱から算出されています。^{8,9)}

ここで輻射熱について、考えたいと思います。輻射は放射ともいわれ、熱の伝わり方の一つです。輻射によって移動する熱のことを輻射熱といいます。熱は高温から低温に移動する性質があり、輻射以外にも伝導、対流といった伝わり方があります。輻射は、熱いもの表面から、電磁波の形で、冷たい物に熱を伝える方法で、例えば、太陽熱やストーブが人の体で暖かく感じる事がこれにあたります。^{10,11,12,13)}

この実験では、木材ブロックに比べてコンクリートブロックは、高温になり熱容量も大きいのでより大量の輻射熱を出していることになります。これを実際の住宅で考えてみると、コンクリート造住宅は、木造住宅に比べて、日中に多くの熱が蓄えられ、日が傾くと輻射熱となって室内に逃がされて暑く感じていることと思われます。

【実験4】 去年まで、周辺住宅からの視線が気になり東西方向の窓しか開けること(条件①)ができませんでした。しかし今年は、よしずを用いることで全方位の窓を開けること(条件②)ができ、あわせてよしずで壁面の遮光ができるようになりました。その結果、室温と壁の温度が低下しました。壁の温度が低下したこと、輻射熱も下がったものと思われました。この実験でおもしろいのは、壁の温度のピークが気温や室温のグラフより3時間程度遅れていることです。日没後も暑く感じるのは、壁からの輻射熱の影響があると考えられます。

次に、室内の風(気流)についてですが、中村家では壁が少なく、四方の開口部が大きく風がよく吹くことことがわかりました。我が家でも条件②は条件①に比べて開口部が多く、無風状態が少なく強い風の頻度も多くなっています。このことは、体感温度を下げる要因になると考えられます。

よしずを用いることで、壁の輻射熱の減少、室内気流の増加がみられ、気温以上の体感温度の差が実感されていると思います。

【実験5】 よしずで、壁の温度を下げることができたのでさらに屋根の温度を下げるに挑戦したのがこの実験です。無料で手に入る段ボールを屋根に敷き詰めて日射の遮断に努めました。日本気象協会による地域の温度のグラフが、段ボールの無い日と段ボールのある日で差がないことより、気象条件はほぼ等しいと言えます。

段ボールを敷いた方が、屋根表面温度・天井裏・室温いずれも低くなっていますが、おもしろいのは、それぞれの温度グラフのピークが少しずつずれていることです。

屋根表面の温度は気温とほぼ同じピークですが、1時間程度遅れて室温がピークになり、そしてさらに遅れることが3~4時間で天井裏が最高温度になっています。【実験4】でも壁の温度が同様な変化をしていることより、コンクリートの特性と考えられます。

夜間の暑さを和らげるためにも、屋根や壁にあたる日射を遮断する必要があると思います。手軽な身の回りのもの(段ボール)で日射を遮断するだけで輻射熱を下げることができました。これは、段ボールの熱伝導率¹⁴⁾がコンクリートの約1/22なので段ボールをコンクリート屋根に敷き詰めることで、熱が伝わりにくくなる断熱効果がでた結果と考えられます。

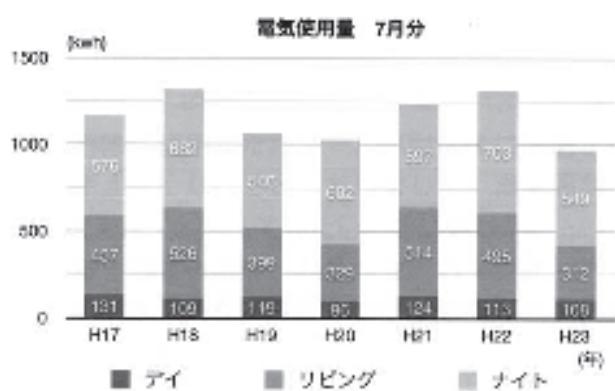
【暑さ対策の結果】 梅雨明けから、条件②の状態で過ごすことが多くなった結果、我が家家の電気消費についてどうなったのか、調べてみました。幸い、7月分に関しては平成17年から今年まで、8月分に関しては平成21年から今年までの資料が見つかったのでまとめてみました。

今年は、7月8月とも過去最低の電気使用量になっていました。特に「リビングタイム」「ナイトタイム」¹⁵⁾の使用量の減少が大きく、これはクーラーの使用が減ったことによると考えられます。

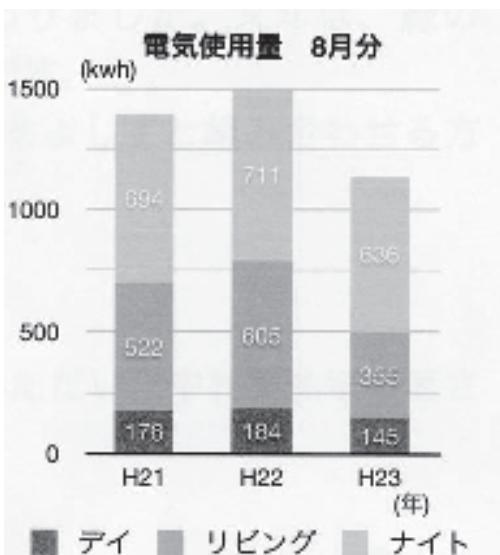
「我が家を涼しくしよう！」と取り組んだことが節電につながったと思いました。

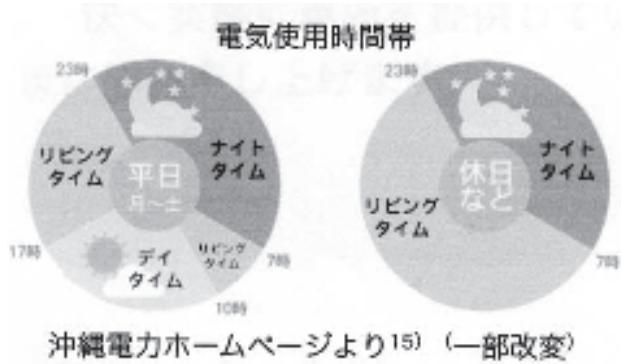
電気使用時間帯	7月分			
	平成17年	平成18年	平成19年	平成20年
デイ	131	109	119	96
リビング	457	526	399	329
ナイト	576	682	546	602
合計使用料 (kwh)	1,164	1,317	1,064	1,027

電気使用時間帯	7月分		
	平成21年	平成22年	平成23年
デイ	124	113	108
リビング	514	495	312
ナイト	597	703	549
合計使用料 (kwh)	1,235	1,311	969



電気使用時間帯	8月分		
	平成21年	平成22年	平成23年
デイ	176	184	145
リビング	522	605	355
ナイト	694	711	636
合計使用料 (kwh)	1,392	1,500	1,136





【参考文献】

- 1) 中村家ホームページ、および入場時配布パンフレット
<http://www4.ocn.ne.jp/~knaka/>
- 2) Google マップ
<http://maps.google.co.jp/>
- 3) 北中城村のピンポイント天気－日本気象協会 tenki.jp
<http://tenki.jp/forecast/point-1957.html>
- 4) ウィキペディア
<http://ja.wikipedia.org/wiki/体感温度>
- 5) 種々の物質比熱－物理学教室ホームページより－
<http://www.kdcnet.ac.jp/college/buturi/kougi/buturiko/heat/heat3/tbl-spheat.htm>
- 6) 4-3-1-2 熱容量と比熱 わかりやすい高校物理の部屋
<http://www.wakariyasui.sakura.ne.jp/4-3-0-0/4-3-1-2netuyouryou.html>
- 7) 代表的な建材の熱伝導率一覧表
－クレストホームホームページより－
<http://www.gtgt.co.jp/chishiki/material.html>
- 8) 热中症環境保健マニュアル
http://www.env.go.jp/chemi/heat_stroke/manual.html
- 9) 環境省ヒートアイランド対策ガイドライン
http://www.env.go.jp/air/life/heat_island/guideline.html
- 10) IT 用語辞典バイナリ
[http://www.sophia-it.com/content/ 輻射熱](http://www.sophia-it.com/content/)
- 11) 【2】熱の伝わり方と断熱、遮熱－東洋建設ホームページより－
<http://www.toyodannetu.com/article/13747455.html#top>
- 12) 热講座！热の伝わり方 - 井上冷熱ホームページより－
<http://www.inouereinetsu.co.jp/teatime/jikken2.html>
- 13) 热の伝わり方－ネットの学校 Hello School ホームページより－
<http://yslibrary.cool.ne.jp/primrika004001.html>
- 14) アスパラボックスー株式会社アスクホームページより－
http://www.askk.co.jp/asparagus/aspara02_folder/02.html
- 15) ウチナー主婦の生活をカエル。オール電化
<http://www.kaeru.tv/plan/cost/choice/index02.html>

【まとめ】

- ①中村家住宅は、データ上も涼しいことがわりました。
- ②涼しくするには、体感温度を下げるために、室内気流を多くし輻射熱を下げる必要があります。

【反省点と今後の課題】

- ①屋根の断熱に使用した段ボールが耐久性に問題があり、通り雨で使えなくなることがありました。雨に濡れても使える材料を考えて、やってみたいと思いました。
- ②家中の窓を開けるため、ハエ・カ・ゴキブリ・ヤモリが入ってくることが多くなりましたが、昔の生活は、それが普通のことだと想像しました。
- ③ゴーヤーで緑のカーテンを作ろうとしましたが、今年は台風が多く、2度も失敗に終わりました。来年は、緑のカーテンの効果も調べてみたいです。
- ④過去に取り組んだ「打ち水」をよしずと組み合わせる方法を考えてみたいです。

【おわりに】

快く実験に場所を提供していただいた中村家住宅の皆さんに感謝申し上げます。

講評

我が家を涼しくしよう！ 4

“打ち水”の取り組みを続けてきて、今回は住宅の構造や建材の違いをよく調べました。

木造家屋とコンクリート家屋の比較データをよく探っています。その器具として風船をビデオ撮影するアイディアは素晴らしいです。

・気温、湿度、風量の測定

・建材のコンクリートと木材の暖まり方の実験

それらのデータの検討から“よしず”の効果や屋上の“ダンボール”敷きなどの工夫への発展、その効果の測定をよくやりました。

・ダンボール効果については天井裏と室内の気温差を出してよく検討しました。

世界的に環境問題の中の基本的な問題としてエネルギーの大量消費があり、さらに東北震災で電力の節約が大きく求められています。

そのような中でよく取り組み、その成果が自宅の“電気使用料減”として明確に出ています。

重要なテーマですので引き続き取り組んで下さい、期待しています。

また、風量の測定に風船の動きをビデオ記録し、データを起こす方法はいい付きだと思います。

受賞ポイント

環境に関するものの内、暑さ対策に取り組み、その内容と方法、そして成果が具体的に家庭での使用電気料が減ることで現れていた。以上のことから環境奨励賞に適していると判断した。



化学部門

身近な川(牧港川)の水質調べ part5

沖縄カトリック中学校 2年 桂 美 貴

1. 動機

私が小学4年生の頃、家族で植物観察のために浦添大公園を訪れた際に、公園内を流れる牧港川を見てあまりにも汚いことに驚きました。そこには、ビニール袋、ペットボトル、網などのゴミや、洗剤の泡が漂い、周辺は悪臭が漂っていました。このことをきっかけに牧港川の水質を調べることにしました。昨年に引き続き5年目の自由研究となります。

2. 目的

2-1. 定期水質調査

毎月1回定期水質調査を行い牧港川の水質の状態と周辺の状況を調査しました。

2-2. 周辺状況調査

牧港川の周辺の住宅地・緑地・農作地・工業・商業地等がどのような状態なのか調査をしました。

2-3. 流量調査

牧港川の勢理橋、当山橋、境橋の3地点の流量、流速、川幅、水深を測定しました。

2-4. 処理実験

牧港川の処理策を考えるために、活性炭、砂、綿を使い処理実験を行いました。

3. 方法

3-1. 定期水質調査

牧港川水質調査は、図-1で示した6地点で調査を行いました。

3-2. 調査方法

(1) 定期水質調査

① 注意点

牧港川の下流域(牧港橋、境橋)は、満潮時に海水の影響を受けるため、新聞等の潮位表を用いて、満潮時間、干潮時間を調べ海水の影響を少なくするために潮位が最も低くなる大潮の日の干潮時間付近に調査を行いました。

② 採水方法

採取はバケツを用いて行い、採水時間、天候、気温、水温、色、臭い、透視度(透視度計は、ペットボトルを用いて作成した。)の現地観測を行いました。

③ 水質測定方法

水質測定キット(簡易測定キット:株共立理化学研究所)を使い化学的酸素要求量(COD)、アンモニウム態窒素($\text{NH}_4\text{-N}$)、亜硝酸態窒素($\text{NO}_2\text{-N}$)、硝酸態窒素($\text{NO}_3\text{-N}$)、リン酸態リン($\text{PO}_4\text{-P}$)、陰イオン界面活性剤の6項目について調査を行いました。

④ その他

調査地点周辺の観察として、鳥、昆虫、魚、などの生物の有・無、ゴミなどの有・無を調べました。

(2) パックテスト項目ごとの説明

① 化学的酸素要求量(COD)

水中にある(汚れの原因となる物質:汚濁物質)が酸化剤によって酸化や分解される時に必要な酸素の量です。

COD 値が高ければ、水中の酸素を消費してしまう物質がたくさん入っていることで、生活排水や、工場排水などの汚水流入の可能性があります。

② 窒素類

窒素類は、樹木などの自然から川に流入するものや、食べかすや肥料など私生活の中から、様々な形として川へ流入するものがあります。これらが分解・溶解することによってアンモニウム態窒素、さらに酸化された形の亜硝酸態窒素や、硝酸態窒素へと変化します。これらの窒素類は栄養塩として水草などに吸収されますが、その量が多いと河川の汚濁原因となります。

a. アンモニウム態窒素($\text{NH}_4 - \text{N}$)

アンモニウム態窒素が高いということは、生活排水や工場排水あるいは田畠からの肥料分が、近くで流入していることが考えられる。

b. 亜硝酸態窒素($\text{NO}_2 - \text{N}$)

亜硝酸態窒素が高いということは、亜硝酸になる前のアンモニウム態窒素があったということなので、調査地点の上流あるいは比較的近い上流側でアンモニウム態窒素が流入していると考えられます。

c. 硝酸態窒素($\text{NO}_3 - \text{N}$)

硝酸態窒素が高いということは、その上流域には硝酸になる前のアンモニウム態窒素や亜硝酸があるので、その地点の上流の流域一帯から汚れが流入していると考えられます。

これらのことから、すべての状態の窒素が高ければ、上流でも汚れが流れ込んでいて、すぐ近くでも汚れが流れ込んでいる、ということはその川流域全体から汚れが流入していると考えられます。

③ リン酸態リン($\text{PO}_4 - \text{P}$)

リンも窒素と同じように食べ物のかす、肥料等が分解・溶解等によってその形を変えながら流下し植物に吸収・吸着します。リン酸態リンは、水に含まれるリンの一つです。

川の中にリンが多く存在するということは、窒素と同じように自然界から流入する分に加えて食べ物のかすや肥料などの汚れが流入していることが考えられますが窒素同様その量が多いと河川の汚濁の原因となります。

④ 陰イオン界面活性剤

陰イオン界面活性剤とは、洗剤の主成分です。陰イオン界面活性剤が高いと、洗剤などを含む排水が流れ込んでいると考えられます。

3-3. 周辺状況調査

牧港川流域を「沖縄県ゼンリン住宅地図(西原町：2002年7月発行、浦添市：2008年2月発行、宜野湾市：2011年2月発行)平成16年度沖縄県文化環境部環境保全課資料」

及び実際に踏査を行いました。

3-4. 流量測定

牧港川の勢理橋、当山橋、境橋の3地点の流量、川幅、水深、流速を測定しその地点の流量を測定しました。

3-5. 処理実験

牧港川の処理策を考えるために、活性炭、砂、綿の3種類を用いて処理実験を行いました。

昨年の実験では、木炭・砂・木の葉を使用し処理能力について実験しました。ただし、木炭はかなり良い結果であったものの、リン酸態リンの濃度が高くなる結果でした。このことは、木炭からリン酸態リンが溶出したものと思われます。さらに、木の葉はあまりよい結果が得られませんでした。

(1) 実験方法

① 3種類別々の実験

実験に使用する砂は、糸満市の北名城海岸(人工ビーチの砂ではなく自然形態の浜の砂を用いるため)の砂を採取し、水(井戸水)で洗浄してゴミや塩分を取り除いた後に、砂の粒径とされている2mm～0.075mmの粒径に合わせたため、2mmのふるいを通して0.075mmのふるいに残ったものを用いました。

市販の活性炭は、粒径がかなり大きいため、活性炭の粒子を碎き、上記の砂と同じ粒径の範囲のものを用いました。綿は、観賞用魚の口力綿を使用しました。

3種類とも使用した量は、300mlです。実験を行う前に蒸留水で砂、活性炭を洗浄し実験を行いました。

② 3種類混合実験

処理試験に用いる活性炭、砂、綿の3種類を等量(それぞれ100mlで合計300ml)で混合し実験を行いました。混合方法は、①綿-砂-活性炭 ②砂-綿-活性炭 ③活性炭-綿-砂としました。



図-1 牧港川定期(毎月)調査地点図

3-6. 調査地点の概況

(1) 牧港川上流1(陽迎橋)

浦西中学校の正門横の橋で河川は、上流三面張りでスカムや、ゴミがたくさん見かけられます。下流側は二面張りで川底には石などがあります平成21年3月から調査ポイントに追加しました。

(2) 牧港川上流2(勢理橋)

浦西中学校の裏にある橋で河川は、護岸工事が行われ、自然石などでできています。川底には石などが多くあります。

(3) 牧港川中流1(当山橋)

浦添大公園内の浦添市の文化財「当山の石畳道」にかかる橋です。河川には、草木がたくさんあり、洗剤の泡が見かけられます。護岸は自然の状態で川底には石などがあります。

(4) 牧港川中流2(宗久橋)

浦添大公園横バイパス(国道330号線)の下の橋です。河川は、二面張りで川底には石などがあります。上流には、洗剤の泡が見かけられます。平成21年3月から調査ポイントに追加しました。

(5) 牧港川下流1(境橋)

パイプライン沿い牧港小学校下ファミリーマートの横の橋です。牧港川の川祭りで、生物調査する地点です。河川は、二面張りで川底には石などがたくさんあります。平成21年3月から調査ポイントに追加しました。

(6) 牧港川下流2(牧港橋)

メディカルプラザ牧港の近くにある橋です。川は、二面張りで、川底には石や泥がたくさんあります。上流側には水(排水?)が流れ込んでいます。

4. 净化実験の予想

4-1. 3種類毎の実験

3種類(活性炭・砂・口力綿)の中で一番浄化能力が優れているのは活性炭と予想しました。その理由として活性炭について、解説書やインターネットで調べたところ、多くの物質を吸着することができる物質とわかったからです。

4-2. 3種類混合の実験

前記(p.3: ①実験方法 b. 3種類混合実験参照)①~③までの中で一番浄化されると思うものは、綿ー砂ー活性炭の順の混合方法と予想しました。その理由として活性炭が一番浄化出来ると思うので、その混合方法が良く

浄化出来ると思いました。

5. 調査・実験に使用した道具

5-1. 定期水質調査

- ・バケツ
- ・気温計
- ・水温計
- ・透視度計
- ・ビーカー
- ・比色管
- ・水質測定キット

5-2. 流速調査

- ・5mの紐
- ・浮き
- ・ストップウォッチ
- ・定規
- ・メジャー

5-3. 浄化実験

- ・活性炭
- ・砂
- ・口力綿
- ・ペットボトル
- ・メスシリンドー
- ・ビーカー
- ・2mmと0.075mmのふるい
- ・ビーカー
- ・蒸留水
- ・水質測定キット

6. 結果

6-1. 定期水質調査

平成22年9月-平成23年8月までの1年間の水質結果をパックテストの項目ごとに説明します。(平成22年11月と23年2月は調査を行えませんでした。)

(1) 化学的酸素要求量(COD)

化学的酸素要求量1年間の経月変化を図-2に示します。

陽迎橋(上流1)では、平均値は、27.6mg/lで、最高値が平成23年4月に75mg/l、最低値を平成22年10月に10mg/lを測定しました。

勢理橋(上流2)では、平均値が25mg/lで、最高値が平成23年4月に65mg/l、最低値を平成23年5月15日に10mg/lを測定しました。

当山橋(中流1)では、平均値が17.2mg/lで、最高値が平成23年4月に25mg/l、最低値が、10mg/lを平成22年12月23日に測定しました。

宗久橋(中流2)では、平均値が12.4mg/lで、最高値が平成23年6月に20mg/l、最低値が7mg/lを平成22年10月24日測定しました。

境橋では、平均値は、13.1mg/lで、最高値が平成23年7月に20mg/l、最低値が5mg/lを3回測定しました。

牧港橋では、平均値は、11.2mg/lで、最高値が平成

22年10月に25mg/l、最低値が5 mg/lを3回測定しました。

CODの結果から見て、牧港川では、上流が非常に高い値で、中流、下流では、上流に比べ、低い値を示しました。

化学的酸素要求量の結果
陽迎橋>勢理橋>当山橋>境橋>宗久橋>牧港橋
の順でした。

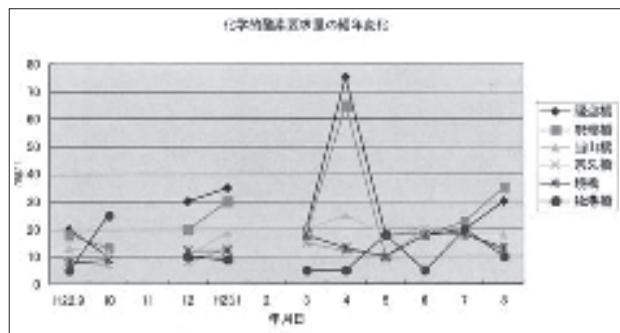


図-2 化学的酸素要求量の経年変化

(2) アンモニウム態窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$)

アンモニウム態窒素の1年間の経月変化を図-3にします。

陽迎橋(上流1)では、平均値が8.05mg/lで、最高値が、平成23年4月25mg/l、最低値が平成22年10月に2 mg/lを測定しました。

勢理橋(上流2)では、平均値が8.9mg/lで、最高値が、平成23年4月に25mg/l、最低値は、2回2 mg/lを測定しました。

当山橋(中流1)では、平均値が、6.3mg/lで、最高値が、平成23年4月25mg/l、最低値は、平成22年10月に1 mg/lを測定しました。

宗久橋(中流2)では、平均値が4 mg/lで、最高値が、2回9 mg/l、最低値は、平成22年10月に0.2mg/lを測定しました。

境橋(下流1)では、平均値が、1.3mg/lで、最高値は、平成23年4月に5 mg/l、最低値は、0.1mg/lを測定しました。

牧港橋(下流2)では、平均値が、1.03mg/lで、最高値は、平成22年9月に5 mg/l、最低値は、0.02mg/l以下を測定しました。

アンモニウム態窒素の結果から見て、上流が比較

的値が高く、中流、下流は、上流に比べ低い結果でした。

アンモニウム態窒素の結果から
勢理橋>陽迎橋>当山橋>宗久橋>境橋>牧港橋
の順でした。

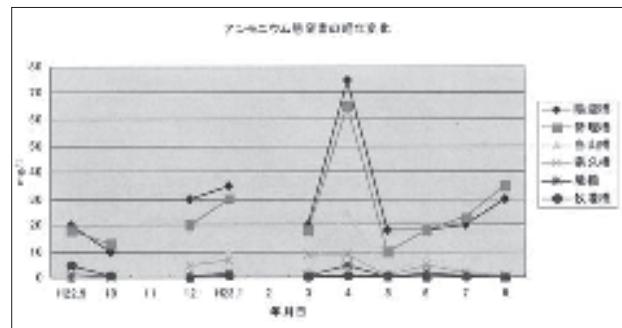


図-3 アンモニウム態窒素のグラフ

(3) 亜硝酸態窒素 ($\text{NO}_2\text{-N}$)

亜硝酸態窒素の1年間の経月変化を図-4に示します。

陽迎橋(上流1)では、平均値が0.37mg/l、最高値が平成23年5月に0.8mg/l、最低値が、平成23年1月、4月に0.1mg/lを測定しました。

勢理橋(上流2)では、平均値は、0.3mg/l、最高値が平成22年12月に0.75mg/l、最低値が、平成23年6月に0.02mg/l以下を測定しました。

当山橋(中流1)では、平均値が0.7mg/l、最高値が平成23年7月に1.5mg/l、最低値が、平成23年1月に0.02mg/lを測定しました。

宗久橋(中流2)では、平均値が0.67mg/l、最高値が平成22年12月1 mg/l年3月、6月に1 mg/l、最低値が平成22年10月に0.2mg/lを測定しました。

境橋(下流1)では、平均値が0.51mg/l、最高値が平成23年4月に1 mg/l、最低値が0.1mg/lを4回測定しました。

牧港橋(下流2)では、平均値が0.22mg/l、最高値が平成23年6月、8月に0.5mg/l、最低値が、平成23年1月、3月に0.05mg/lを測定しました。

亜硝酸態窒素の結果から見て、中流が高く、上流、下流は、中流比べ低い値を示しました。

亜硝酸態窒素の結果から、
当山橋>宗久橋>境橋>陽迎橋>勢理橋>牧港橋

の順でした。

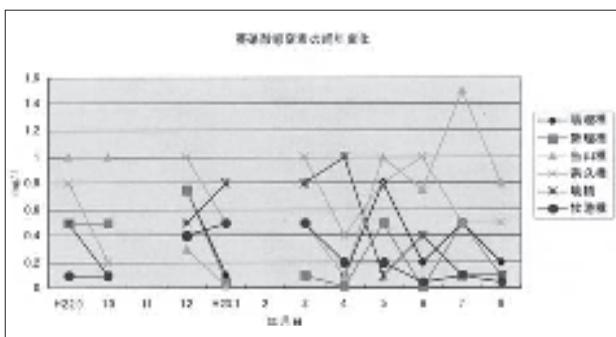


図-4 亜硝酸態窒素のグラフ

(4) 硝酸態窒素($\text{NO}_3\text{-N}$)

硝酸態窒素の1年間の経月変化を図-5に示します。

陽迎橋(上流1)では、平均値が9mg/l、最高値が平成22年9月に20mg/l、最低値が平成23年4月に1mg/l以下を測定しました。

勢理橋(上流2)では、平均値が4mg/l、最高値が平成23年5月に10mg/l、最低値が、平成23年4月、6月に1mg/l以下を測定しました。

当山橋(中流1)では、平均値が17.4mg/l、最高値が平成23年7月に50mg/l、最低値が、平成23年1月、4月に1mg/l以下を測定しました。

宗久橋(中流2)では、平均値が、17.6mg/l、最高値が、平成23年5月に30mg/l、最低値が、平成23年4月に5mg/lを測定しました。

境橋(下流1)では、平均値が、12.05mg/l、最高値が平成22年12月、平成23年1月、3月、4月に20mg/l、最低値が、平成23年7月に2mg/lを測定しました。

牧港橋(下流2)では、平均値が、5.7mg/l、最高値が平成22年12月、1月、3月に10mg/l、最低値が、平成23年7月に1.5mg/lを測定しました。

硝酸態窒素の結果から見て、中流がかなり高い値で、上流、下流は、中流に比べると、低い値を示しました。

硝酸態窒素の結果
宗久橋>当山橋>境橋>陽迎橋>牧港橋>勢理橋
の順でした。

窒素の測定結果から見ると、

上流 アンモニウム態窒素>亜硝酸態窒素>硝酸態窒素の順でした。

中流 亜硝酸態窒素>硝酸態窒素>アンモニウム態窒素の順でした。

下流 硝酸態窒素>亜硝酸態窒素>アンモニウム態窒素の順でした。

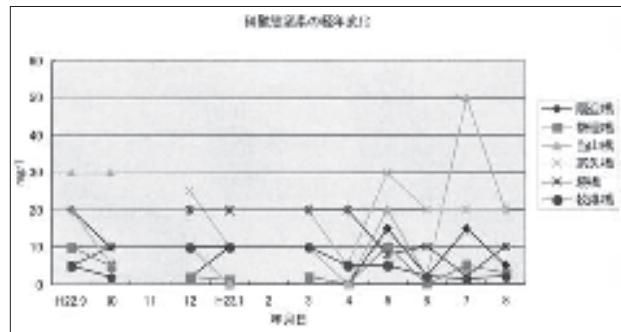


図-5 硝酸態窒素のグラフ

(5) リン酸態リン($\text{PO}_4\text{-P}$)

リン酸態リンの1年間の経月変化を図-6に示します。

陽迎橋(上流1)では、平均値3.4mg/l、最高値が平成23年3月に6mg/l、最低値が、平成22年10月に1mg/lを測定しました。

勢理橋(上流2)では、平均値4.2mg/l、最高値が平成23年4月に8mg/l、最低値が、平成22年10月、12月、平成23年5月に2mg/lを測定しました。

当山橋(中流1)では、平均値4.02mg/l、最高値が平成23年1月、3月、4月に8mg/l、最低値が、平成23年7月に0.2mg/l以下を測定しました。

宗久橋(中流2)では、平均値3.7mg/l、最高値が平成22年12月、平成23年1月、3月、4月、6月、7月に5mg/lを測定しました。最低値は、平成22年10月に1mg/lを測定しました。

境橋(下流1)では、平均値2.1mg/l、最高値が平成23年3月、4月に5mg/l、最低値が、平成23年1月に0.2mg/l以下を測定しました。

牧港橋(下流2)では、平均値1mg/l、最高値が、平成22年9月に2mg/l、最低値が、平成23年6月、8月に0.5mg/lを測定しました。

リン酸態リンの結果から見て、上流から中流にかけて、高い濃度でした。下流は、上流、中流に比べると

低い値で変化しました。

リン酸態リンの結果

勢理橋>当山橋>宗久橋>陽迎橋>境橋>牧港橋
の順でした。

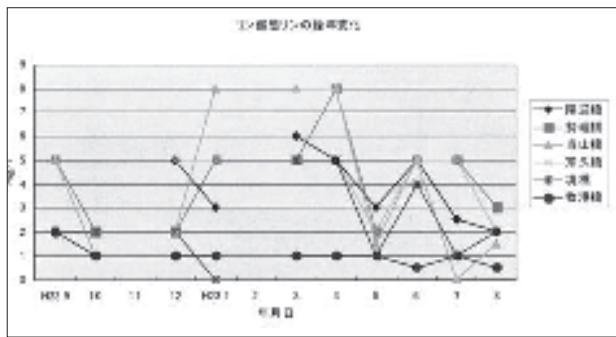


図-6 リン酸態リンのグラフ

(6) 陰イオン界面活性剤

陰イオン界面活性剤の1年間の経月変化を図-7に示します。

陽迎橋(上流1)では、平均値0.15mg/l、最高値が、平成23年7月に0.5mg/l、最低値が、平成22年10月、平成23年3月、8月に0.05mg/l以下を測定しました。

勢理橋(上流2)では、平均値0.15mg/l、最高値が平成22年12月に0.5mg/l、最低値が、平成22年10月、平成23年5月、8月に0.05mg/l以下を測定しました。

当山橋(中流1)では、平均値0.07mg/l、最高値が、平成23年1月、3月に0.1mg/l、最低値が平成22年10月、平成23年5月、7月、8月に0.05mg/l以下を測定しました。

宗久橋(中流2)では、平均値0.065mg/l、最高値が、平成22年9月、12月、平成23年1月に0.1mg/l、最低値が、平成22年10月、平成23年3月、5月、7月、8月に0.05mg/l以下を測定しました。

境橋(下流1)では、平均値0.056mg/l、最高値が、平成23年6月に0.1mg/l、最低値が、平成22年10月、平成23年1月、3月、5月、7月、8月に0.05mg/l以下を測定しました。

牧港橋(下流2)では、平均値0.115mg/l、最高値が、平成22年9月に0.7mg/l、最低値が、平成22年9月以外はすべて0.05mg/l以下でした。

陰イオン界面活性剤の結果から見て、上流が高い結果でした。中流、下流は、上流に比べて、低い値を示

しました。

陰イオン界面活性剤の結果

陽迎橋・勢理橋>牧港橋>宗久橋>境橋>当山橋の順でした。

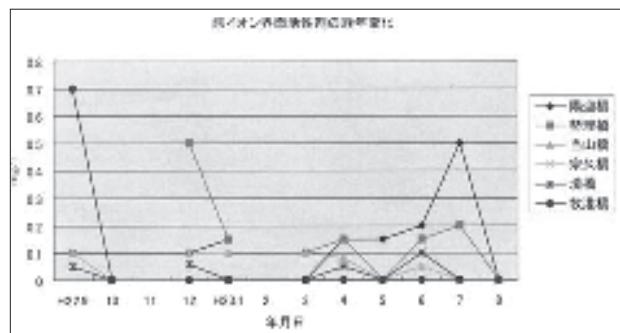


図-7 陰イオン界面活性剤のグラフ

6-2. 周辺状況調査

牧港川流域にはまだ下水道整備がされていない家が多くあります。そして、洗濯排水や台所の食器洗いに使う洗剤などが直接川に流れ込んでいる状態なのです。

そこで地図より集水域をたどり、その中から、住宅地、工業・商業地、学校・大学、緑地、農作地、その他に分類を行いました。(図-8 参照)

そして、各区分の比率を求め比較を行いました。(表-1 参照)

牧港川の流域には、住宅地が52.7%と半分以上を占めていることがわかりました。

そして、農耕地が20.1%、工業・商業地が9.4%、学校・大学が8.3%という結果でした。

住宅地、工業・商業地、学校・大学の比率の合計は70.4%で人が生活、利用しているところが比率の高い結果でした。

表-1 流域現状調査結果

区分	大きさ(升目の数)	比率
住宅地	7421	52.7
工業・商業地	1323	9.4
学校・大学	1176	8.3
緑地	1297	9.2
農作地	2836	20.1
その他	40	0.3
計	14093	100.0



6-3. 5年間の牧港川水質調査

平成19年8月から平成23年8月までの5年間の牧港川水質調査結果を各項目毎にまとめました。

(1) 化学的酸素要求量(COD)

平成19年8月から平成20年4月までのデータは簡易測定キットの性能上10mg/l以上は測定できていません。

5年間の平均値を各ポイントで比較すると、陽迎橋37.8mg/l、勢理橋23.8mg/l、当山橋23mg/l、宗久橋15.5mg/l、境橋11.8mg/l、牧港橋10.6mg/lと上流が高く、下流に行くに連れて値が低くなっています。

5年間を通してみると化学的酸素要求量は、陽迎橋を除いて、平成22年から値は低くなっています(図-9参照)。

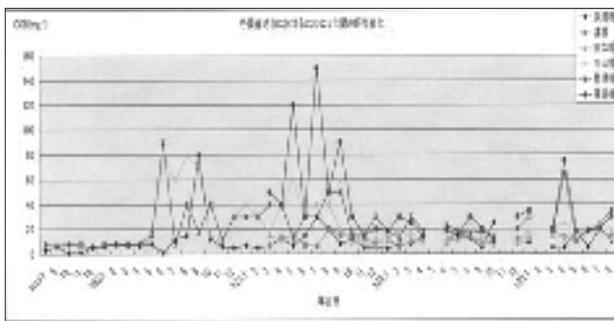


図-9 各調査地点におけるCODの5年間の経年変化

(2) アンモニウム態窒素(NH₄-N)

5年間の平均値を各ポイントで比較すると、陽迎橋7.7mg/l、勢理橋7.5mg/l、当山橋5.8mg/l、宗久橋3.7mg/l、境橋3.4mg/l、牧港橋0.9mg/lと上流側が高く、下流に行くに連れて、値が低くなっています。

5年間を通してみると、アンモニウム態窒素は、牧港橋では、常に低い値で変化しており、それに対して上流、中流のポイントでは、値に毎月違いがありました(図-10参照)。

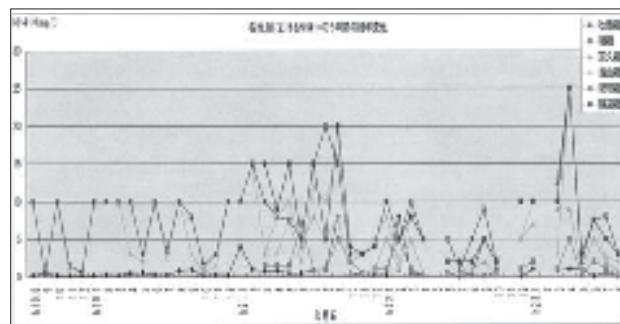


図-10 各地点におけるNH₄-Nの経年変化

(3) 亜硝酸態窒素(NO₂-N)

5年間の平均値を各ポイントで比較すると、陽迎橋0.4mg/l、勢理橋0.6mg/l、当山橋0.5mg/l、宗久橋0.6mg/l、境橋0.45mg/l、牧港橋0.37mg/lと中流が高い値を示しました。

5年間を通してみると亜硝酸態窒素は、中流の当山橋、宗久橋で値の変化が大きく、その他のポイントは、あまり変化がありませんでした(図-11参照)。

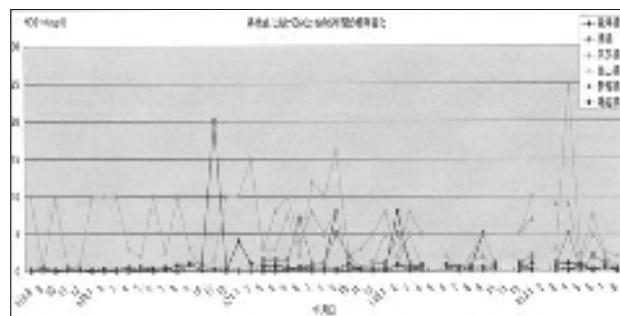


図-11 各地点におけるNO₂-Nの5年間の経年変化

(4) 硝酸態窒素(NO₃-N)

5年間の平均値を各ポイントで比較すると、陽迎橋9.8mg/l、勢理橋3.6mg/l、当山橋10.6mg/l、宗久橋18mg/l、境橋14.5mg/l、牧港橋5.6mg/lと中流で高い値を示しました。

5年間を通してみると硝酸態窒素は、陽迎橋、当山橋、宗久橋、牧港橋のポイントでは、毎月値が高かったり、低かったりと値が変化していました(図-12参照)。

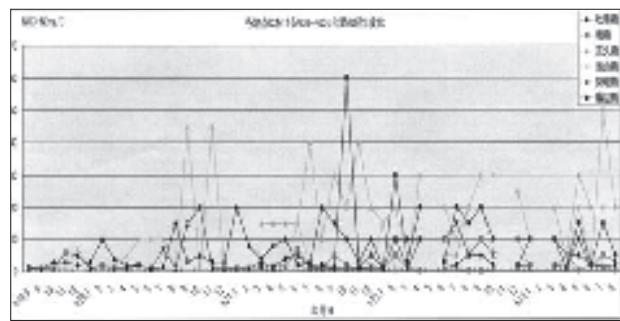


図-12 各地点におけるNO₃-Nの5年間の経年変化

(5) リン酸態リン(PO₄-P)

5年間の平均値を各ポイントで比較すると、陽迎橋3.6mg/l、勢理橋2.6mg/l、当山橋2.5mg/l、宗久橋4.7mg/l、境橋3.4mg/l、牧港橋0.7mg/lと上流、中流で高い値を示しました(図-12参照)。

5年間を通してみるとリン酸態リンは、平成21年から22年3月にかけて値が高くなっていますがそれ以降は、低い値を示しました。

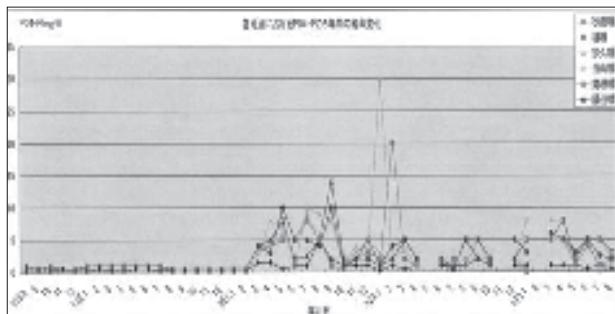


図-13 各地点におけるPO₄-Pの5年間の経年変化

(6) 陰イオン界面活性剤

5年間の平均値を各ポイントで比較すると、陽迎橋0.22mg/l、勢理橋0.26mg/l、当山橋0.15mg/l、宗久橋0.12mg/l、境橋0.17mg/l、牧港橋0.09mg/lと上流が高く下流に行くに連れて、値が低くなっています。

5年間を通してみると陰イオン界面活性剤は、各地点値が低くなっています(図-13参照)。

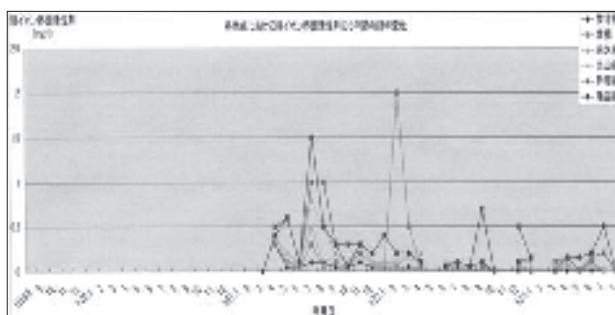


図-14 各地点における陰イオン界面活性剤の5年間の経年変化

6-4. 流量調査

牧港川の勢理橋、当山橋、境橋の3地点の川幅、水深、流速を測定しました。その結果を以下に示します。

(1) 勢理橋

勢理橋では、1秒間の流速がA 62.5cm/s、B 33.3cm/s、C 0.00cm/sとAで流れが速いという結果でした。勢理橋の一日の流量は、12900m³/日で一番流量が少ないですが、一日のCODの負荷量が451.5kg/日と調査した3地点の中で一番多い結果でした。

表-2 勢理橋における流量測定結果

測定箇所	勢理橋(1m ³ /s)			
	測定箇所	測定日	測定時間	測定結果
測定箇所 平成21年3月12日				
A(勢理橋)	河口	時計回り	測定	0.015
B(境橋)	河口	時計回り	測定	0.018
C(当山橋)	河口	時計回り	測定	0.045
D(宗久橋)	河口	時計回り	測定	0.014
E(陽迎橋)	河口	時計回り	測定	0.016
F(牧港橋)	河口	時計回り	測定	0.003
G(境橋)	河口	時計回り	測定	0.003
H(当山橋)	河口	時計回り	測定	0.003
I(宗久橋)	河口	時計回り	測定	0.003
J(陽迎橋)	河口	時計回り	測定	0.003
K(境橋)	河口	時計回り	測定	0.003
L(牧港橋)	河口	時計回り	測定	0.003
M(境橋)	河口	時計回り	測定	0.003
N(当山橋)	河口	時計回り	測定	0.003
O(宗久橋)	河口	時計回り	測定	0.003
P(陽迎橋)	河口	時計回り	測定	0.003
Q(境橋)	河口	時計回り	測定	0.003
R(牧港橋)	河口	時計回り	測定	0.003
S(境橋)	河口	時計回り	測定	0.003
T(当山橋)	河口	時計回り	測定	0.003
U(宗久橋)	河口	時計回り	測定	0.003
V(陽迎橋)	河口	時計回り	測定	0.003
W(境橋)	河口	時計回り	測定	0.003
X(牧港橋)	河口	時計回り	測定	0.003
Y(境橋)	河口	時計回り	測定	0.003
Z(当山橋)	河口	時計回り	測定	0.003

測定箇所	勢理橋(1m ³ /s)			
	測定箇所	測定日	測定時間	測定結果
測定箇所 平成21年3月12日				
A(勢理橋)	河口	時計回り	測定	129.0
B(境橋)	河口	時計回り	測定	29.8
C(当山橋)	河口	時計回り	測定	104.2
D(宗久橋)	河口	時計回り	測定	54.3
E(陽迎橋)	河口	時計回り	測定	33.3
F(牧港橋)	河口	時計回り	測定	0.00

(2) 当山橋

当山橋では1秒間の流速が、A 54.3cm/s、B 103.5cm/s、C 104.2cm/sと流れが速い結果でした。当山橋の1日の流量が、16000m³/日で、一日のCODの負荷量が298.8kg/日と今回調べた3地点の中で一番CODの負荷量が少ない結果でした。

表-3 当山橋における流量測定結果

測定結果		施肥量申請(施肥期)							
測定結果		施肥期申請(施肥期)		施肥量申請(施肥期)					
測定結果		施肥期申請(施肥期)		施肥量申請(施肥期)					
(評定期間)									
測定方法									
No.	試行標識面積 (m ²)	面積 ^{1/2} (m)	% (±) (m ² /%)	試行面積 (m ² /%)	面積				
A-1	0.3675	-	-	0.343	0.1149				
A-2	0.3630	-	-	0.343	0.1139				
B-1	0.3610	-	-	1.355	0.4956				
B-2	0.3625	-	-	1.355	0.4938				
C-1	0.3430	-	-	1.342	0.4817				
C-2	0.3470	-	-	1.342	0.4812				
施肥量申請(m²)		0.105	1 試行面積 (m²/%)	10.00					
施肥量 (kg/m²)		10.0	10公頃施肥量 (kg/ha)	100.0					
耕作圖									
水深 cm 0 10 20 30 40 50 60 水 % 10 8 6 4 2 0									
0-1 0-2 0-3 0-4 0-5 0-6 耕作層									

(3) 境橋

境橋では、1秒間の流速が、A 56.9cm/s、B 71.4cm/s、C 32.9cm/sでBのみ速い結果でした。一日の流量は、 $23000\text{m}^3/\text{日}$ で今回調べた3カ所の中で最も流量が多い結果でした。CODの負荷量は、299.0kg/日でした。

表-4 境橋における流量測定結果

6 - 5. 净化実験

(1) これまでの浄化実験

一昨年の浄化実験では、水槽を用いて毛糸、珊瑚、水草の3種類で浄化実験を行ったが、あまり良い結果が得ることが出来ませんでした。

昨年はペットボトルを用いて、木炭、砂、葉っぱの3種類で実験を行ったところ、木炭で浄化を行った際に、リン酸態リンが流れ出てしまいました。

よって今回の実験では、活性炭、砂、口力綿の3種類を利用して、浄化実験を行いました。

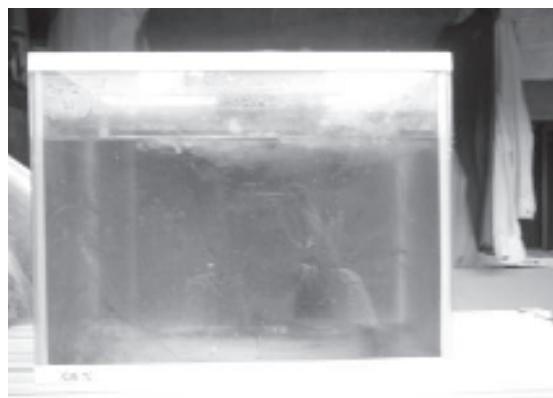


写真-1 水槽を用いた実験



写真-2 水槽を用いた実験(毛糸)



写真-3 ペットボトルを用いた実験

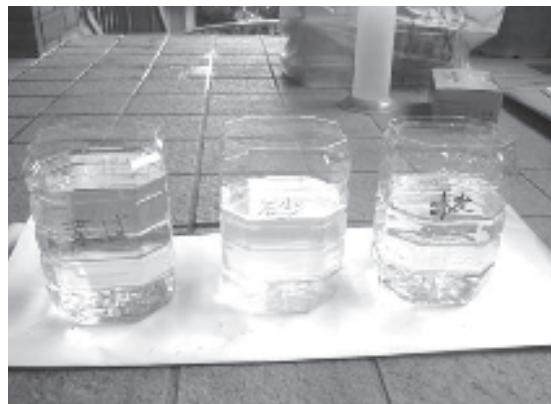


写真-4 ペットボトルを用いた実験

(2) 3種類毎の実験

実験の結果を表-5、実験の状況を写真-5・6に示します。

活性炭はすべての項目において良い結果が得られ、色、臭いも除去されていました。しかし浄化時間が長いという欠点がありました。

砂は、活性炭ほどではないが、浄化されていました。特にリン酸態リンにおいては、かなり良い結果でした。また色、臭いも除去されていました。しかし活性炭と同じく浄化時間が長い結果でした。

口力綿は、浄化時間は短かったのですが、活性炭や砂より浄化能力はありませんでした。

表-5 浄化実験 3種類の結果

年月日	平成22年2月25日				
	算水	活性炭	綿	砂	
浄化にかかる時間	-	3分15秒	1分20秒	10分10秒	
色度 (TU)	200	50	50	30.0	
臭味	黄白濁色	透明	透明	透明	
浑度	生活排水風上段	無風	無風	弱生活排水風	
COD	(mg/l)	50	20	15	30
NH ₄ -N	(mg/l)	5	2	2	1
NO ₂ -N	(mg/l)	0.02以下	0.02以下	0.02以下	0.02以下
NO ₃ -N	(mg/l)	1以下	1以下	1以下	1以下
PO ₄ -P	(mg/l)	15	1	2	0.2以下
陰イオン界面活性剤	(mg/l)	0.1	0.05以下	0.05以下	0.05以下
備考					



(3) 3種類混合実験

活性炭、砂、口力綿の3種類を混合してみて、どのくらい浄化されるか実験を行いました。その結果を、表-6に、実験状況を写真-7.8に示します。

- ・綿-砂-活性炭
- ・砂-綿-活性炭
- ・活性炭-綿-砂の順で実験を行いました。

結果は、綿-砂-活性炭は、化学的酸素要求量において、一番良い結果でした。

砂-綿-活性炭は、アンモニウム態窒素において、一番良い結果でした。

活性炭-綿-砂は、リン酸態リンにおいて、一番良い結果でした。

表-6 浄化実験 3種類混合の結果

年月日	平成22年2月25日				
	計測値	計測1	計測2	計測3	
浄化にかかる時間	-	1分45秒	1分45秒	1分45秒	
色度	(TU)	30.0	30.0	30.0	
臭味	黄白濁色	透明	透明	透明	
浑度	生活排水風上段	無風	無風	弱生活排水風	
COD	(mg/l)	50	25	15	30
NH ₄ -N	(mg/l)	5	2	2	1
NO ₂ -N	(mg/l)	0.02以下	0.02以下	0.02以下	0.02以下
NO ₃ -N	(mg/l)	1以下	1以下	1以下	1以下
PO ₄ -P	(mg/l)	15	1	0.5	0.2以下
陰イオン界面活性剤	(mg/l)	0.1	0.05以下	0.05以下	0.05以下
備考					



7. 考察

7-1. 定期水質調査

(1) 調査地点状況

牧港川の上流は、調査地点周辺で生活排水臭やし尿臭がしたので、周辺から生活排水が流れ込んでいる可能性が考えられます。

(2) 水質測定キット

① 上流・中流で化学的酸素要求量の値が、とても高かったので、そこでは、汚濁物質が流れ込んでいると思われます。

② アンモニウム態窒素は、上流が高い結果だったので、近くで、工場排水や、田畠からの肥料分が、比較的近くで、流れ込んでいる可能性があります。

また、上流より上では、実際に烟などがある為そ

こからの影響が大きいと思われます。

- ③ 垂硝酸態窒素は、中流が高い結果でした。それにより、やや上流または、比較的近くで汚い水が流れ込んでいると考えられます。

垂硝酸態窒素は、アンモニウム態窒素が変化したものなので、中流でそれが多く検出されるのは、上流側から流れ込んだものが分解や溶解された為ではないかと思われます。

- ④ 硝酸態窒素は、中流が高い結果でした。それによりその川の上流まで多くの汚れが流れ込んでいると考えられます。

硝酸態窒素は、垂硝酸態窒素その前のアンモニウム態窒素が分解、溶解により変化したものです。それが、中流で多く検出されたということは、中流よりも上流地域から流れ込んで変化したのではないかと思われます。

- ⑤ 窒素類の結果から、上流側から汚濁の原因となる尿や家庭下水中の有機物や工場排水が、流れ込んでいると考えられます。

窒素のすべての項目は、下流に行くに連れて値が減少しているので、中流から下流までの間に浄化されたのではないかと思われます。

- ⑥ リン酸態リンは、上流から中流にかけて、高い結果でした。そのことから、その地域の川の外から急激に食べ物のかすや、肥料などの汚れが入ってきていると考えられます。

牧港川より上流の西原町には畑などがかなり点在しているので、そこから肥料などの汚れが入っているのではないかと思われます。

- ⑦ また、窒素とリンの両方の値が高い上流側は、人々の生活によって排出された汚れなどが、川の中に流入していると考えられます。

- ⑧ 陰イオン界面活性剤は、上流が高い結果でした。そのことから、洗剤などを含む排水が、水質を汚染させている原因となっている可能性があります。

又調査をしている際に、洗剤の泡を多くの調査地点で見かけたので、洗剤が流れ込んでいるのではないかと思われます。

(3) 牧港川の汚染の原因

- ① 陽迎橋より上流の西原町を流れる幸地川、徳佐田川からの生活排水などが主な原因ではないかと思われます。
- ② 上流を含む周辺流域の特にアパートのベランダにある洗濯機で使用した洗濯排水の流入等も牧港川の汚染の原因だと思われます。

(4) 調査地点周辺の状況

各調査地点の川の中やその周辺には、多くのゴミがあり、特に境橋では空き缶、ペットボトル、紙パッ

ク、発泡スチロールなどのゴミがありました。また、川の中では、ハンガー、空き缶などのゴミが多く見られました。

7-2. 周辺状況調査

今回の調査で牧港川の流域には、住宅地が52.7%と半分以上を占めていることがわかりました。

このことから牧港川の汚染の原因は、周辺流域の住宅地の可能性があると思われました。

更に西原町では、農作地も多くあったのでそこから肥料などの汚れが入ってきている可能性があります。

7-3. 流量調査

勢理橋の流量は、当山橋・境橋に比べ少ないが、CODの負荷量を計算すると、他の2地点に比べ、多い結果でした。それにより、勢理橋から上流側は、汚濁物質の流入が多いと考えられます。

勢理橋より下流側の当山橋・境橋は、上流に比べCODの負荷量は少ない結果でした。そのことから当山橋・境橋付近からは、汚濁物質の流入は、少ないとと思われます。

更に当山橋から宗久橋上流、宗久橋下流から境橋上流までは、自然の形をした地形が残っており、そこでは、河川の浄化作用や、流入水(雨水など)による希釈効果により、負荷量の計算値が、減ったのではないかと思われます。

7-4. 処理実験

(1) 3種類別々の実験

処理実験において活性炭は、すべての項目においてかなりの浄化能力が優っていました。砂は項目別ではリン酸態リンにおいて3種類の中で浄化能力が優っていました。口力綿も汚れ(濁り)を除去することに優れており、ろ過材は、項目によって浄化能力に差があることが分かりました。

処理時間では、綿が一番早く、活性炭が一番ろ過速度が遅い結果であった。活性炭は、砂の粒径に合わせるため碎いた際にかなり粒径が細かい粒子が多くなったので、ろ過速度が遅くなったのではないかと考えられます。

(2) 3種類混合の実験

3種類の組み合わせを3通り作り処理実験を行った結果、綿-砂-活性炭の組み合わせの浄化能力が1番優っていました。

他の組み合わせは、項目ごとに浄化能力の優劣や処理時間が1晩でもろ過が終わらないなど、時間がかかり過ぎるため、水質浄化にはあまり向いていないことが分かりました。

7-5. 牧港川をきれいにするための対策

(1) 家庭・個人で出来ること

川にゴミを捨てない。

洗剤、シャンプー、リンス、除菌剤などの使用量を減らす。

米のとぎ汁、油、醤油、洗濯水を直接流さない。

食事や飲み物を残さない。

食器を洗う前に食べ物のかすや、油を拭き取る。

(2) 地域・団体で出来ること

川や、その周辺の清掃活動などを行う。

川の状況を知ることの出来るような場を持つ。

(3) 行政で出来ること

緑を増やし自然の形に近づける川作りをする。

雨水などを川にもっと入ってくるようにする。

一人一人が川に興味を持つようなイベントや広告などを行う。

下水道の整備を行う。



8. 今後の課題

8-1. 定期水質調査

(1) その他の河川との水質調査

一昨年私は、沖縄本島にある3河川(源河川・国場側・報徳川)を調べたので、来年は、上記の3河川の他に北部の比地川、中部の天願川、南部の雄樋川を含む6河川と、牧港川を比較したいと思います。

(2) 時間毎の水質調査結果

牧港川は、家庭から出る生活排水が汚染の原因と考えられるので、人の1日の動きに合わせて、早朝6時～7時、朝9時～10時、お昼12時～13時、夕方16時～17時、夜19時～20時という時間帯での水質の状態を調べたいです。

8-2. 周辺状況調査

(1) 牧港川へ流入する側溝や、陽迎橋より上流の状況を細かく調査してみたいと思います。

(2) 牧港川流域にはまだ下水道整備がされていない家が多くある事を知ったので、浦添市役所、西原町役場に行き、下水道の普及率がどうなっているのか聞き取り調査を行いたいです。

8-3. 処理実験

(1) 処理能力

今回は1Lの水を処理したが、水の量が多くなると(例えは10L、20L、50L、100L等)処理能力に違いがあるのか調べてみたいです。

(2) 粒径の検討

今回は活性炭の粒径を砂の粒径に合わせるために、

活性炭を碎いてふるいでふるいましたが、活性炭を碎く際に粒径が細かい部分が増えたため、処理実験を行う際につまりの原因となったと思われるため、活性炭の粒径の選び方を工夫したいです。

今後も定期調査や、処理実験などの研究を継続し、牧港川の現状を調べ、汚濁の原因を追求していく、牧港川の各ポイントに適した処理方法を考えることにより、牧港川をきれいにしていきたいと思います。

そのために、私達が出来ることは、牧港川の周辺や川の中にゴミなどが多く見られるため、それをなくす為に一人一人が意識して、「川にゴミを捨てない」活動をしていけば、ポイ捨てなどのごみを、なくすことが出来ると思います。

又、地域の清掃活動や川祭りなど、川に触れる機会があれば、参加して多くの人に、私が調査した結果なども含め、牧港川の現状を知ってもらい、みんなで自然の川を守っていくための意識付けと、さらに、現状を変えるための処理方法を考える事が出来ると良いと思います。

【参考文献】

・「川の水調査セット 新版」 株式会社理化学研究所

・「浦添市の環境マップ」 浦添市ホームページより

・「生活排水対策」沖縄県文化環境部環境保全課 沖縄県ホームページより

・「気象統計情報 過去の気象データ」沖縄気象台ホームページより

・「川の生き物を調べよう－水生生物による水質の調査法－」沖縄県文化環境部より

・「土の粒度」DOBOKUNET.COM インターネットより

・「沖縄県ゼンリン住宅地図 西原町：2002年7月発行」

・「沖縄県ゼンリン住宅地図 浦添市：2008年2月発行」

・「沖縄県ゼンリン住宅地図 宜野湾市：2011年2月発行」

・「牧港川に清流を取り戻そう パンフレット」 牧港川に清流を取り戻そう委員会より

講評

身近な川(牧港川)の水質調べ part5

研究を始めようと思ったきっかけは「川が汚い」というごく自然な思いがスタートになっています。このことは誰でも抱く思いだと考えます。しかし、そのことをきっかけに5年間継続して、牧港川の水質調査を続けてきたことは、大変評価が高いことです。これは誰でもできることではありません。自分がんぱりに自信を持って欲しいですが、自信を持つこと以上に支えてくれた周りの方に感謝することも忘れないでください。

前年度の研究で川の水の浄化について不十分であったことから、今回は脱脂綿や活性炭を浄化の素材として使っています。更に、一番浄化能力の高い組み合わせを探求したことの大変評価できます。今後の課題に、浄化する水の量を増やすとありますが、実際の河川水の量を考えて、どのような浄化方法が良いのか検討するのも良いと思います。

また、個人・地域・行政への提言も大変評価できます。この研究を通して水質悪化の原因を考え、水質をよくするためにには自分一人の力ではどうにもならないことがよく分かったと思います。その気持ちを「牧港川をきれいにするための対策」として提言することは、小さなことかもしれません、大変説得力のある提言です。積み重ね研究の力の大きさを感じました。

普段の生活の中で出会う現象をどんな小さなことでも、「何でだろう」とか「どうしてだろう」という気持ちで、物事をとらえる姿勢は、今後の人生でも必ず役に立つと思います。この物の見方・考え方を持ち続け、大事にしてください。今後の継続研究にも大変期待しています。

受賞ポイント

5年間の継続研究としての評価はもちろんのこと、きっちりとデータを取り、まとめ上げているところが評価できる。また、水質の浄化についても、継続して様々な素材について検証していることや、水質改善のための提案を、様々な機関・個人・団体に向けて提唱していることも、大きく評価される。そのような研究に対する姿勢から、環境奨励賞にふさわしい作品であると判断した。

 環境奨励賞 


生物部門

沖縄本島における外来及び在来淡水性プラナリアの分布状況

沖縄県立開邦高等学校 2年 田中直歩 宮里結
 志賀加奈子 宮城脩子



1. はじめに

グローバル化が進み、ヒト・モノ・カネが世界中を流通している現在、ヒトやモノの移動に付随して多くの生物が原産地から他の地域に移動している。それらの多くは移動先の環境になじめず姿を消していくが、一部の種は環境に適応し、元来そこで生活していた在来種の生活を脅かすようになっている。沖縄県では、ハブ駆除のために導入されたジャワマンガースが在来の貴重な生物の生活を脅かしている(嵩原ら、1997)。外来種はこのように在来生物を駆逐し、生物多様性遞減の引き金を引くだけでなく、食用のために導入されたアフリカマイマイが脳炎を引き起こす広東住血線虫の中間宿主になるなど、直接的に人間生活に影響を及ぼすこともある(村上、鷺谷、2003)。このように生態系の破壊や人間生活に直接影響を及ぼす外来種については調査が進んでいるが、人目につきにくい生物や、他の生物への影響が不明な外来種については調査が進んでいないのが現状である。

プラナリアは扁形動物門に属し、分裂によって増殖するという特徴からモデル生物として遺伝や発生の分野で用いられている。特に淡水性プラナリアはウズムシとも呼ばれ、きれいな河川の指標動物として用いられている。私がプラナリアのことをはじめて知ったのは、中学校時代に同級生の課題発表でのことであった。その発表では、プラナリアは二つに切れば二匹に、100等分すれば100匹に増えるということが話題として取り上げられており、珍しい動物もいるのだなという感想を持った。高校に入學し、科学部の活動の一環として安里川を散策した際、石の裏から偶然プラナリアを見つけた。プラナリアは珍しい動物で滅多に目にすることがないと思っていたため、このように身近なところにプラナリアがいるのを知って驚いた。調べてみると沖縄本島における淡水性プラナリアの一種であるナミウズムシ *Dugesia japonica* および

リュウキュウナミウズムシ *Dugesia ryukyuensis* は北部地域のきれいな河川での生息が確認されていることがわかった(手代木ら、1998、西田ら、2003)。しかし近年、中南部の水質汚染が進んだ沖縄本島中南部の河川でも淡水性プラナリア類の生息が確認されているが(専修学校サイ・テク・カレッジ、2005)、このような汚染が進んだ河川で観察されるプラナリア類については同定が行われておらず、はっきりとした種は不明であるということも分かった。しかし沖縄県以外の地域では、外来の淡水性プラナリアであるアメリカナミウズムシ *Girardia tigrina* やアメリカツノウズムシ *Girardia dorotocephala* の移入・定着が確認されている(田中、2008、Ronaldら、2010)という。また、観賞魚の飼育水槽からも外来プラナリアが発見されており(Sasaki、2001)、稚エビなどを補食するために駆除の対象となっているようである。プラナリアについて調べていて、私が安里川で見たプラナリアが何なのか興味を持ち、沖縄本島の河川にはどのようなプラナリアがどのように分布しているのか調査を行うことにした。採集したプラナリア類は形態的特長及び染色体数から同定を行い、その分布域を明らかにした。また、採集したプラナリア類の採餌行動を観察し、プラナリアの嗜好性などから、特に外来プラナリアが生態系に及ぼす影響について考察を行った。



2. 調査・実験方法

・調査地の設定

プラナリアの生息状況調査は沖縄本島の35水系40河川42地点について行った。調査の期間は2011年5月～12月であった。調査地は各河川において海水の影響がない流域を中心に、安全が確保できる場所であること、ある程度の流速があり滞水していないこと、川の水深はひざ下より浅いこと、こぶし大～頭大の石が多いことなどの条件

を満たす1地点を設定した。さらに夏季の気候が安定している7月11日から8月21日において、伊江川、奥川、辺野喜川、佐手川、与那川、奥間川、平南川、汀間川、源河川、真喜屋川、羽地大川、満名川、数久田川、億首川、天願川、比謝川、白比川、普天間川、宇地泊川、安謝川、安里川、国場川、雄樋川、報得川の24河川について詳細な生物・化学的な調査を行った。調査は各地点について1回ずつ行った。

・化学的水質調査法

調査は現地での簡易的な化学的水質調査を行い、引き続いて生物学的調査を行った。化学的水質汚濁度の指標としては水素イオン指数、全無機窒素、全無機リン、界面活性剤濃度を測定した。水素イオン指数はUNIV試験紙による比色法を用いて測定した。全無機窒素については、硝酸および亜硝酸イオン濃度とアンモニウムイオン濃度から算出した。硝酸および亜硝酸イオン濃度はナフチルエチレンジアミン比色法を用いたペーパーテストで測定した(半谷ら、2004)。またアンモニウムイオン濃度はインドフェノール青比色法を用いて測定した(半谷ら、2004)。全無機リン濃度は酵素法を用いたパックテストによって測定した(小倉、1987)。界面活性剤濃度はメチレンブルー比色法を用いて測定した(半谷ら、2004)。さらに全無機窒素、全無機リン、界面活性剤濃度を用いて主成分分析を行い、第一主成分を化学的汚濁度指数とした。

・生物学的水質調査法

底生生物の調査方法はベック・津田 β 法に従い、化学的水質調査を行った地点から上流及び下流方向にそれぞれ約3mの調査水域全域を2名で15分間調査した(津田、1962)。調査対象である河川水質の指標生物は全国水生生物調査のページ(環境省、2011.5/4アクセス)、沖縄の環境、水環境のページ(沖縄県環境生活部環境保全課、2011.5/4アクセス)、河川環境の指標生物学(谷田、2010)を参考にして選定し、昆虫類、貝類、プラナリアなどを河川汚濁度の指標生物とした。その他にも観察された外来魚類などを参考生物とした。河川の汚濁指数は採集した指標生物を汚濁耐性のあるものとそうでないものに分け、パントル・パック法を用いて算出した(綾瀬市環境市民部環境保全課、2005)。また、採集した指標生物の種数と採集数からシンプソンの多様度指数を求め、河川の生物多様度を推定した(大垣、2008)。さらに採集した指標生物の種および捕獲数からHornの重複度指数 R_o を求めて類似河川をクラスター分析し、デンドログラムを作成して調査河川を類別した(Morishita, 1959, 木元, 1978)。重複度指数 R_o の算出および各河川のデンドログラム作成には、生物群集解析ツール、類似度指数計算マクロを用いた(株式会社 東海アクアノーツ、2011.9/25アクセス)。

・プラナリアの仮同定

プラナリア類を含め、指標生物は大きめのスポットで石からバットに洗い流して採集した。採集した指標生物

のうち、特にプラナリアについては、開邦高等学校内の人工気象器において暗黒条件下で室温を17°Cに設定して飼育した。なお、餌はワラジムシやアリなどの生餌を1週間に1度ずつ与えた。プラナリアの仮同定は欠損個体の再生を待ち、捕獲2週間後に行い、在来プラナリア及び外来プラナリアの存在比を算出した。形態の差異による仮同定は、口吻の色、耳葉の発達程度、杯状眼の形態などの外部形態から川勝ら(2008)の方法に基づいて行った。さらに詳細調査を行った24河川のプラナリアのうち、在来種についてはナミウズムシとリュウキュウナミウズムシに形態的な差異が見られないので、平均的な1個体の染色体を観察して仮同定を行った。染色体観察用の個虫は、切断後2日程度再生させ、虫片を30分間コルヒチン処理した。その後、固定液(70%メタノール:酢酸=3:1)を用いて細胞を固定、酢酸カーミンで染色した後、押しつぶし法によってプレパラートを作成し、600倍で染色体を検鏡した(鈴木ら、2009)。

・在来プラナリアおよび外来プラナリアの増減

詳細調査を行った地点のうち、羽地大川において採集された在来プラナリアと外来プラナリアを同飼育ビン内で飼育し、採集14日、60日、100日後の存在比を測定した。

・プラナリアの採餌実験

プラナリア類の嗜好性を探るために、直径90mmシャーレに5mmの深さまで水を張り、1週間以上絶食させて空腹にしたプラナリア類およびグマガトビケラ、マルヒラタドロムシ、シマイシビル、カワニナ、モノアラガイ、シマトビケラの一種、ヒゲナガカワトビケラ、カゲロウの一種、フタツメカワゲラ、ヒラタカゲロウの一種、フチグロユスリカをそれぞれ2匹ずつ飼育し、24時間後の採餌行動を確認した。採餌が確認できなかったものに関してはピンセットで頭部をつぶして殺した後、プラナリアの行動を観察した。なお、プラナリア類の共食いを確認するために、在来プラナリアおよび外来プラナリアを同一シャーレ内で飼育した。使用した在来プラナリア、グマガトビケラ、マルヒラタドロムシ、カワニナ、シマトビケラの一種、ヒゲナガカワトビケラ、カゲロウの一種、フタツメカワゲラ、ヒラタカゲロウの一種は辺野喜川産のものを、外来プラナリア、シマイシビル、モノアラガイ、フチグロユスリカは白比川産のものを用いた。さらに同様の条件でプラナリア類とフチグロユスリカを1匹ずつ同一シャーレに入れ、プラナリア類がフチグロユスリカに付着するまでの時間を測定した。この実験は在来および外来プラナリアについてそれぞれ4回復行い、平均値を求めて餌を見つけるまでの時間とした。得られたデータからScheffeの多重比較によって有意差検定を行った。

・プラナリアの海水耐性

プラナリアの侵入経路について、海域を経由して河川への侵入が疑われたため、海水に対する耐性実験を行っ

た。在来プラナリアとして辺野喜川産プラナリアを、外来プラナリアとして白比川産プラナリアを用いた。実験はまずプラナリアを時計皿にとり、キッチンペーパーで水気を除いたのち海水、汽水、淡水を注入した。海水は中城村浜漁港から採集した。淡水はミネラルウォーターを用いた。また、このミネラルウォーターで海水を希釈して汽水とした。汽水条件は50%海水および25%海水とし、淡水条件、海水条件、汽水条件におけるプラナリアの行動をそれぞれ比較した。なお、ミネラルウォーターのナトリウムイオン濃度は0.12%、25%海水のナトリウムイオン濃度は0.67%、50%海水のナトリウムイオン濃度は4.6%、海水のナトリウムイオン濃度は17.5%であった。共試したプラナリアは各処理区3匹ずつとし、処理後10分間の行動を観察した。

・聞き取り調査

那覇市内の観賞魚専門店 OKINAWA BIANCO および沖縄水族館真嘉比店においてプラナリアについて聞き取り調査を行った。調査は2011年12月20日に OKINAWA BIANCO、2011年12月27日に沖縄水族館真嘉比店に直接訪問してスタッフから淡水魚飼育水槽内のプラナリア発生について伺った。



3. 結 果

・調査地点付近の様子

各河川の調査地点の状況を表1に示した。調査日の天気はいずれも晴れから曇りであり、すべての調査地において顕著な増水などはなかった。さらにGPSデータから調査河川地図を作成した(図1)。地図の作成にはGoogle Earth および Canvas8 を用いた。調査河川地図作製後、億首川と石川川の中間地を北部河川と中南部河川の境界線とした。

奥川の調査地は取水場付近(北緯 $26^{\circ} 49' 54''$ 東経 $128^{\circ} 17' 14''$)であり、流れは穏やかであったが、水温が若干高く、水底には藻がはっていた。また、調査地の下流にはコイが放流されていた。

伊江川の調査地はキャンプ場付近(北緯 $26^{\circ} 48' 26''$ 東経 $128^{\circ} 18' 51''$)であり、流れは比較的穏やかであったが、瀬と淵が見られる蛇行している地点であった。伊江川河口は河口閉塞が起こっており、イシマキガイなどの汽水域に多く生息する生物はほとんど見られなかつた。

表1. プラナリアの生息調査地点

No.	河川名	水系	市町村	北緯	東経	調査地	備考
1	奥川	奥川	国頭村	$26^{\circ} 49' 54''$	$128^{\circ} 17' 14''$	取水場周辺	詳細調査
2	伊江川	伊江川	国頭村	$26^{\circ} 48' 26''$	$128^{\circ} 18' 51''$	キャンプ場周辺	詳細調査
3	辺野喜川	辺野喜川	国頭村	$26^{\circ} 47' 45''$	$128^{\circ} 14' 29''$	キノコ園周辺	詳細調査
4	佐手川	佐手川	国頭村	$26^{\circ} 47' 07''$	$128^{\circ} 13' 24''$	取水場周辺	詳細調査

No.	河川名	水系	市町村	北緯	東経	調査地	備考
5	与那川	与那川	国頭村	$26^{\circ} 45' 50''$	$128^{\circ} 12' 59''$	亜熱帯フィールドセンター下流	詳細調査
6	奥間川	比地川	国頭村	$26^{\circ} 43' 42''$	$128^{\circ} 10' 43''$	野生生物保護センター付近	詳細調査
7	安波川	安波川	国頭村	$26^{\circ} 42' 29''$	$128^{\circ} 16' 06''$	安波ダム付近の小川	
8	福地川	福地川	東村	$26^{\circ} 38' 31''$	$128^{\circ} 10' 24''$	福地ダム下流	
9	平南川	平南川	大宜味村	$26^{\circ} 38' 02''$	$128^{\circ} 05' 40''$	キャンプ場周辺	詳細調査
10	源河川	源河川	名護市	$26^{\circ} 37' 15''$	$128^{\circ} 03' 36''$	キャンプ場周辺	詳細調査
11	真喜屋川	真喜屋川	名護市	$26^{\circ} 36' 21''$	$128^{\circ} 03' 28''$	喜久川滝下流	詳細調査
			名護市	$26^{\circ} 37' 30''$	$128^{\circ} 02' 06''$	真喜屋ダム下流	
12	羽地大川	羽地大川	名護市	$26^{\circ} 36' 34''$	$127^{\circ} 01' 06''$	羽地ダム下流	詳細調査
13	我部祖河川	我部祖河川	名護市	$26^{\circ} 36' 35''$	$128^{\circ} 00' 28''$	第一金川橋付近	
14	屋部川	屋部川	名護市	$26^{\circ} 35' 54''$	$128^{\circ} 59' 16''$	大中公園付近	
15	幸地川	幸地川	名護市	$26^{\circ} 35' 16''$	$127^{\circ} 59' 28''$	名護城公園内	
16	大浦川	大浦川	名護市	$26^{\circ} 34' 17''$	$128^{\circ} 02' 12''$	大股橋付近	
17	数久田川	数久田川	名護市	$26^{\circ} 33' 47''$	$127^{\circ} 59' 17''$	轟の滝下流	詳細調査
18	汀間川	汀間川	名護市	$26^{\circ} 33' 37''$	$128^{\circ} 05' 30''$	嘉陽又橋付近	詳細調査
19	満名川	満名川	本部町	$26^{\circ} 39' 28''$	$127^{\circ} 55' 04''$	運立橋付近	詳細調査
20	大井川	大井川	本部町	$26^{\circ} 39' 04''$	$127^{\circ} 56' 52''$	伊豆味中学校付近	
21	安富祖川	安富祖川	恩納村	$26^{\circ} 30' 32''$	$127^{\circ} 54' 21''$	県民の森渓流コース内	
22	億首川	億首川	金武町	$26^{\circ} 29' 24''$	$127^{\circ} 54' 21''$	喜瀬武原区ヒジュルガ付近	詳細調査
23	石川川	石川川	うるま市石川	$26^{\circ} 25' 36''$	$127^{\circ} 49' 02''$	石川ダム下流	
24	天願川	天願川	うるま市石川	$26^{\circ} 24' 25''$	$127^{\circ} 49' 01''$	山城ダム下流	詳細調査
25	比謝川	比謝川	沖縄市	$26^{\circ} 20' 22''$	$127^{\circ} 48' 43''$	コザ十字路付近	詳細調査
26	与那原川		沖縄市	$26^{\circ} 23' 30''$	$127^{\circ} 48' 25''$	倉敷ダム やんばるの川	
27	長田川		読谷村	$26^{\circ} 23' 29''$	$127^{\circ} 45' 32''$	喜名区 上ヌカー付近	
28	白比川	白比川	北谷町	$26^{\circ} 18' 46''$	$127^{\circ} 46' 28''$	謝刈区公民館付近	詳細調査
29	普天間川	普天間川	中城村	$26^{\circ} 15' 37''$	$127^{\circ} 46' 17''$	北上原区公民館付近	詳細調査
30	牧港川	牧港川	浦添市	$26^{\circ} 15' 15''$	$127^{\circ} 43' 42''$	浦添大公園内	
31	宇地泊川		西原町	$26^{\circ} 14' 54''$	$127^{\circ} 45' 19''$	高速高架橋下	詳細調査
32	小湾川	小湾川	浦添市	$26^{\circ} 14' 33''$	$127^{\circ} 43' 31''$	浦添工業高校付近	
33	古波津川	古波津川	西原町	$26^{\circ} 13' 18''$	$127^{\circ} 44' 35''$	佐明橋付近	
34	安謝川	安謝川	那覇市	$26^{\circ} 13' 38''$	$127^{\circ} 42' 59''$	末吉公園内滝見橋付近	詳細調査
35	安里川	安里川	南風原町	$26^{\circ} 12' 50''$	$127^{\circ} 43' 36''$	環境の杜付近	詳細調査
			那覇市	$26^{\circ} 12' 51''$	$127^{\circ} 42' 49''$	松城中学校前	
			那覇市	$26^{\circ} 13' 19''$	$127^{\circ} 42' 22''$	真嘉比遊水池	
36	真嘉比川	国場川	南風原町	$26^{\circ} 11' 46''$	$127^{\circ} 43' 36''$	兼城十字路付近	詳細調査
37	国場川		南城市大里	$26^{\circ} 11' 09''$	$127^{\circ} 45' 19''$	南風原区公民館付近	
38	鏡波川		南城市大里	$26^{\circ} 09' 38''$	$127^{\circ} 45' 52''$	大城ダム下流	詳細調査
39	雄樋川	雄樋川	南城市大里	$26^{\circ} 09' 19''$	$127^{\circ} 44' 07''$	牛舎付近	詳細調査
40	報得川	報得川	南城市大里	$26^{\circ} 09' 19''$	$127^{\circ} 44' 07''$		



図1. 調査河川地図(プラナリア生息調査地)
黄色の丸で示した点がおよそその調査地点、
※印は詳細調査地である。

辺野喜川の調査地は辺野喜ダム下流のキノコ園付近(北緯 $26^{\circ} 47' 45''$ 東経 $128^{\circ} 14' 29''$)であり、周囲に木が生い茂っているため所々陰が出来ていた。

佐手川の調査地は取水場近く(北緯 $26^{\circ} 47' 07''$ 東経 $128^{\circ} 13' 24''$)であり、護岸整備がされているため河川の蛇行はあまり見られない地点であった。本調査地は海水の影響を受けない流域であったが、イシマキガイなどの汽水域に多く生息する生物が多数確認された。

与那川の調査地は琉球大学亜熱帯フィールドセンターの下流地点(北緯 $26^{\circ} 45' 50''$ 東経 $128^{\circ} 12' 59''$)であり、川幅が広く、瀬と淵が見られる地点であった。この地点も佐手川の調査地同様に海水の影響を受けない流域であったが、イシマキガイなどの汽水域に多く生息する生物が確認された。

奥間川の調査地は野生生物保護センター側の地点(北緯 $26^{\circ} 43' 42''$ 東経 $128^{\circ} 10' 43''$)であり、比較的浅く、流れも穏やかであった。奥間川はこの流域の下流で比地川と合流し、急激に川幅が広くなった。

安波川の調査地は安波ダム付近の小川(北緯 $26^{\circ} 42' 29''$ 東経 $128^{\circ} 16' 06''$)であり、比較的浅く、流れは穏やかだが赤土が流入しており濁っていた。また、調査を行った区間の川底の石は人為的に敷かれたものでありその北側はダム湖に流れ込んでいた。さらに南側は深い淵になっていた。さらにこの地点ではパールダニオ、アメリカザリガニが捕獲された。

福地川の調査地は福地ダム下流の地点(北緯 $26^{\circ} 38' 31''$ 東経 $128^{\circ} 10' 24''$)であり、護岸整備されているため、河川の蛇行は小さかった。また流れが速く、所々深い淵が見られる地点であった。

平南川の調査地はター滝下流、キャンプ場付近(北緯 $26^{\circ} 38' 02''$ 東経 $128^{\circ} 05' 40''$)であり、川幅が狭くなっているため流速が比較的速い地点であった。この付近ではブユに刺されることが多く、調査後、刺し傷が腫れ

ていた。平南川河口域は河口閉塞が起こっているため、汽水域に多く見られるイシマキガイなどはあまり観察されなかった。

源河川の調査地はキャンプ場付近(北緯 $26^{\circ} 37' 15''$ 東経 $128^{\circ} 03' 36''$)であり、川石で堰のようなものが作られていたため、水深が深くなっていた。

真喜屋川では調査地を二カ所設けた。まず一つ目の調査地は真喜屋ダム上流、普久川滝の1 kmほど下流(北緯 $26^{\circ} 36' 21''$ 東経 $128^{\circ} 03' 28''$)であり、巨石が多く分布していた。川幅が狭いため水流が比較的速くなっているが、水量は少ない地点であった。二つ目の調査地は真喜屋ダム下流、上之橋付近(北緯 $26^{\circ} 37' 30''$ 東経 $128^{\circ} 02' 06''$)であり、護岸整備がされており、コンクリートが川に落ち込んでいた。また、大きな岩が人為的に入れられており、付近の畜舎からの排水が入り込んでいるため悪臭が漂っていた。

羽地大川の調査地は羽地ダム下流、ほたる橋付近(北緯 $26^{\circ} 36' 34''$ 東経 $127^{\circ} 01' 06''$)であり、川岸が舗装されており川の流れは穏やかであった。

我部祖河川の調査地は第一金川橋付近(北緯 $26^{\circ} 36' 35''$ 東経 $128^{\circ} 00' 28''$)であり、川底に砂防ブロックが設置された地点であり、周囲にはヨシが繁茂していた。また、上流には砂防ダムがあった。

屋部川の調査地は大中公園付近(北緯 $26^{\circ} 35' 54''$ 東経 $127^{\circ} 59' 16''$)であり、民家に沿って流れる小川であった。川の周囲は整備されており、公園になっていた。

幸地川の調査地は名護城公園内の駐車場付近(北緯 $26^{\circ} 35' 16''$ 東経 $127^{\circ} 59' 28''$)であり、川周辺は整備されているが、ジュズダマなどの植物が所々に生えていた。また、イシマキガイなどの汽水性の生物が少数であるが確認された。

大浦川の調査地は大股橋付近(北緯 $26^{\circ} 34' 17''$ 東経 $128^{\circ} 02' 12''$)であり、川幅は狭く流れは速いが、淵と瀬に分かれではおらず、比較的浅い地点であった。大浦川はこの地点の下流で川幅が広くなり、河口域はマングローブ林が広がっていた。

数久田川の調査地は轟の滝下流(北緯 $26^{\circ} 33' 47''$ 東経 $127^{\circ} 59' 17''$)であり、川に赤土による濁りが見られた。調査地周辺は木が茂っており、日中でも薄暗い場所であった。

汀間川の調査地は嘉陽又橋付近(北緯 $26^{\circ} 33' 37''$ 東経 $128^{\circ} 05' 30''$)であり、流れが穏やかでラン藻が繁茂している地点が数カ所見られた。汀間川はこの地点の下流でいくつかの支流と合流し、河口域はマングローブ林が広がっていた。

満名川の調査地は運立橋付近、中古車展示販売所の側(北緯 $26^{\circ} 39' 28''$ 東経 $127^{\circ} 55' 04''$)であり、川幅が狭く水温が低い地域であった。満名川はこの下流で伊野波川と合流し、川幅が急に広がった。

大井川の調査地は伊豆味小中学校付近(北緯 $26^{\circ} 39' 04''$ 東経 $127^{\circ} 56' 52''$)であり、河川整備がされた細い

小川であったが、高低差があるため流速は早かった。この地域は県道84号線に接しているが、源流付近であり、いくつかの小川が流れ込んでいた。

安富祖川の調査地は県民の森渓流コース内(北緯 $26^{\circ} 30' 32''$ 東経 $127^{\circ} 54' 21''$)であり、森の中を緩やかに流れる小川であった。調査地付近には滯水している場所もあり、赤土による濁りが見られた。

億首川の調査地は金武ダム上流、恩納村喜瀬武原区のヒジュルガー付近(北緯 $26^{\circ} 29' 24''$ 東経 $127^{\circ} 54' 21''$)であり、川幅は非常に狭く、竹や灌木が生い茂った地点であった。

石川川の調査地は石川ダム下流(北緯 $26^{\circ} 25' 36''$ 東経 $127^{\circ} 49' 02''$)であり、周囲に畜舎が点在していた。調査地の上流には堰があり、オオカナダモが繁茂していた。調査地付近にはヨシが繁茂していた。

天願川の調査区は山城ダム下流、高速沖縄自動車道側の水田地帯の一角(北緯 $26^{\circ} 24' 25''$ 東経 $127^{\circ} 49' 01''$)であり、川底は藻類に覆われていた。

比謝川の調査地は越来城水辺公園内の山崎橋付近(北緯 $26^{\circ} 20' 22''$ 東経 $127^{\circ} 48' 43''$)であり、石の堰が段々に設けられた地点であった。

与那原川の調査地は倉敷ダム内やんばるの川(北緯 $26^{\circ} 23' 30''$ 東経 $127^{\circ} 48' 25''$)であり、透明度は比較的高く、流れも比較的速かった。さらに川の中ではところどころ水草が繁茂していた。

長田川の調査地は読谷村喜名区内、上ヌカ一付近(北緯 $26^{\circ} 23' 29''$ 東経 $127^{\circ} 45' 32''$)であり、湧水から水が流れ出ている場所であった。また、調査地のすぐ下流は滯水しており、その先で川に流れ込んでいた。

白比川の調査地は伊野波橋付近(北緯 $26^{\circ} 18' 46''$ 東経 $127^{\circ} 46' 28''$)であり、周囲は民家が建ち並んでいた。この地点の川幅は狭くなつており流速は比較的速かった。

普天間川の調査地は中城村北上原区公民館付近、高速沖縄自動車道の側(北緯 $26^{\circ} 15' 37''$ 東経 $127^{\circ} 46' 17''$)であり、小川や湧水の流れ込みが確認できる地点であった。

牧港川の調査地は浦添大公園内(北緯 $26^{\circ} 15' 15''$ 東経 $127^{\circ} 43' 42''$)にあり、アカギなどが茂つていて薄暗い地点であった。

宇地泊川の調査地は琉球大学千原池下流、高速沖縄自動車道高架橋下の地点(北緯 $26^{\circ} 14' 54''$ 東経 $127^{\circ} 45' 19''$)であり、周囲にはアコウなどの植生が見られた。宇地泊川は牧港川水系であり、下流の汽水域で牧港川と合流した。

小湾川の調査地は浦添工業高校付近(北緯 $26^{\circ} 14' 33''$ 東経 $127^{\circ} 43' 31''$)であり、砂防ブロックが設置されている区域であった。さらに調査地の上流はコンクリート三面張りとなつており、下流域は滯水していた。

古波津川の調査地は池田ハイツ近隣の佐明橋付近(北緯 $26^{\circ} 13' 18''$ 東経 $127^{\circ} 44' 35''$)であり、川の側面は整備されていたため、梯子で川まで降りた。また、この付

近は支流が合流していた。

安謝川の調査地は末吉公園内滝見橋付近(北緯 $26^{\circ} 13' 38''$ 東経 $127^{\circ} 42' 59''$)であり、川幅は狭く、大きな石灰岩が数多く見られる地点であった。

安里川では調査地を二ヶ所設置した。一つ目の調査地は金城ダムの上流、環境の杜ふれあい付近(北緯 $26^{\circ} 12' 50''$ 東経 $127^{\circ} 43' 36''$)であり、川幅が狭く、湧水および生活排水の流入が見られる地点であった。二つ目の調査地は金城ダムの下流、松城中学校前(北緯 $26^{\circ} 12' 51''$ 東経 $127^{\circ} 42' 49''$)であり、周囲にはジュズダマが繁茂しており、ドブ臭がする地点であった。

真嘉比川の調査地は真嘉比遊水池付近(北緯 $26^{\circ} 13' 19''$ 東経 $127^{\circ} 42' 22''$)であり、強いドブ臭がする地点であった。真嘉比川は安里川水系であり、この下流で安里川と合流した。

国場川の調査地は兼城十字路近く、石原橋付近(北緯 $26^{\circ} 11' 46''$ 東経 $127^{\circ} 43' 36''$)であり、川幅が急激に狭くなるため流速が比較的速くなる地点であった。水は濁っており、ドブのようなにおいがした。

饒波川の調査地は南城市大里南風原区公民館付近(北緯 $26^{\circ} 11' 09''$ 東経 $127^{\circ} 45' 19''$)であり、イネ科草本が繁茂していた。また、この地点のすぐ下流ではコンクリート三面張りになっていた。饒波川は国場側水系であり、豊見城市のとよみ大橋付近で国場川に合流した。

雄樋川の調査地は大城ダム下流(北緯 $26^{\circ} 09' 38''$ 東経 $127^{\circ} 45' 52''$)であり、河川はコンクリート三面張りになっていた。また、調査地下流には牛舎があり、周囲には悪臭が感じられた。

報得川の調査地は南城市大里稻嶺区稻嶺(南)交差点付近(北緯 $26^{\circ} 09' 19''$ 東経 $127^{\circ} 44' 07''$)であり、上流部には牛舎があり、悪臭が感じられた。報得川もコンクリート三面張りの地点多かつたが、調査地の川底は砂泥およびこぶし大の石があった。

今回調査地に選定した地域は、道路から比較的近く、比較的安全に調査が行える地域であった。また、海水の影響がない流域であったため、イシマキガイやフネアマガイなどの貝類と、ボラやユゴイなどの魚類の他に汽水域、海域の生物は確認されなかった。

・各調査地点のプラナリアの分布状況

プラナリアの外部形態から仮同定基準を設け(表2)、各調査地のプラナリア類を在来プラナリア、外来プラナリアに大別して、その分布状況を示した(表3)。北部地域には在来プラナリアが、中南部地域には外来プラナリアが生息している傾向が見られた。プラナリア類が確認できなかつた河川は、安波川、石川川、饒波川、報得川の4河川であった。北部河川のうち、外来プラナリアが確認された福地川、真喜屋川、羽地大川、我部祖河川調査地の上流部にはダム、もしくはため池があつた。これらの結果をもとに調査河川の在来および外来プラナリアの分布状況を沖縄本島の地図にマッピングした(図2)

表2. 淡水性プラナリア類の仮同定基準

和名	ナミウズムシ	リュウキュウナミウズムシ	アメリカナミウズムシ	アメリカツノウズムシ
学名	<i>Dugesia japonica</i>	<i>Dugesia rykyensis</i>	<i>Girardia tigrina</i>	<i>Girardia dorotocephala</i>
原産	在来	在来	アメリカ大陸	アメリカ大陸
発見年	—	—	1960年代	2003
定着確認年	—	—	1990年ごろ	2007
体長(mm)	~30	~20	~20	~30
体幅	やや広い	やや狭い	広い	やや狭い
体色	暗褐色～クリーム色	暗褐色～クリーム色	茶色～灰色(斑点あり)	赤茶色～薄茶色
耳葉	中～小	中～小	中	大
白目：黒目	1 : 1	1 : 1	10 : 1	5 : 1
咽頭色素	なし	なし	あり	あり
水質指数	I ~ II	I ~ II	II ~ III	III ~ IV
生存可能水温	低い	低い	高い	高い
染色体数(2n=)	16	14	16	16

No.	河川名	発見地	区分
27	長田川	喜名 上ヌカ一付近	外来プラナリア
28	白比川	謝刈区公民館付近	外来プラナリア
29	普天間川	北上原区公民館付近	外来プラナリア
30	牧港川	浦添大公園内	外来プラナリア
31	宇地泊川	高速高架橋下	外来プラナリア
32	小湾川	浦添工業高校付近	外来プラナリア
33	古波津川	池田ハイツ付近	未確認
34	安謝川	末吉公園滝見橋付近	外来プラナリア
35	安里川	松城中学校前	外来プラナリア
		環境の杜付近	外来プラナリア
36	真嘉比川	真嘉比遊水池	外来プラナリア
37	国場川	兼城十字路付近	外来プラナリア
38	饒波川	南風原公民館付近	未確認
39	雄樋川	大城ダム下流	外来プラナリア
40	報得川	牛舎付近	未確認

表3. プラナリアの生息調査地における在来・外来プラナリアの分布状況

No.	河川名	発見地	区分
1	奥川	取水場周辺	在来プラナリア
2	伊江川	キャンプ場周辺	在来プラナリア
3	辺野喜川	キノコ園周辺	在来プラナリア
4	佐手川	取水場周辺	在来プラナリア
5	与那川	亜熱帯フィールドセンター下流	在来プラナリア
6	奥間川	野生生物保護センター付近	在来プラナリア
7	安波川	ダム湖付近の小川	未確認
8	福地川	ダム湖下流	在来プラナリア／外来プラナリア
9	平南川	キャンプ場周辺	在来プラナリア
10	源河川	キャンプ場周辺	在来プラナリア
11	真喜屋川	普久川滝下流	在来プラナリア
		ダム湖下流	外来プラナリア
12	羽地大川	羽地ダム下流	在来プラナリア／外来プラナリア
13	我部祖河川	第一金川橋付近	在来プラナリア／外来プラナリア
14	屋部川	大中公園付近	外来プラナリア
15	幸地川	名護公園内	在来プラナリア
16	大浦川	大股橋付近	在来プラナリア
17	数久田川	轟の滝下流	在来プラナリア
18	汀間川	嘉陽又橋付近	在来プラナリア
19	満名川	運立橋付近	在来プラナリア
20	大井川	伊豆味小中学校付近	在来プラナリア
21	安富祖川	県民の森渓流コース内	在来プラナリア
22	億首川	喜瀬武原ヒジュルガ付近	在来プラナリア
23	石川川	石川ダム下流	未確認
24	天願川	山城ダム下流	外来プラナリア
25	比謝川	コザ十字路付近	外来プラナリア
26	与那原川	倉敷ダム やんばるの川	外来プラナリア



図2. 淡水性プラナリア類の分布状況
※印は詳細調査地

7月から8月の詳細調査を行った地域の状況を表4に示した。真喜屋川についてはダム上流部、普久川滝下流の地点は詳細調査を行ったが、真喜屋ダム下流についてはプラナリアの生存調査のみを行った。また、安里川についても同様に詳細調査は金城ダム上流、環境の杜付近でのみを行い、金城ダム下流部、松城中学校前では生息調査のみを行った。調査日の天気はいずれも晴れから曇りであり、すべての調査地において顕著な増水などはなかった。調査地点の気温、湿度などの地点も比較的類似しており、高温多湿な天候であった。これらの河川の調査地では、河川の化学的な汚濁度を調べるとともに、プラナリア類と他の生物とのかかわりを調べるためにために指標生物を用いた生物的調査を行った。詳細調査地についても調査河川地図を作成した(図3)。

表4. 詳細調査地の詳細と調査日の天気

河川名	北緯	東経	ランドマーク	調査日	天気	気温(℃)	湿度(%)	水温(℃)	川幅(m)	水深(cm)	流速(m/s)
伊江川	26° 48' 26"	128° 18' 51"	キャンプ場周辺	7月11日	晴れ	35	55	28.0	6.0	33.6	0.03
奥川	26° 49' 54"	128° 17' 14"	取水場周辺	7月11日	曇り	36	50	28.7	6.6	16.3	0.10
辺野喜川	26° 47' 45"	128° 14' 29"	キノコ園付近	7月11日	曇り	35	50	27.3	5.0	27.0	0.13
佐手川	26° 47' 07"	128° 13' 24"	取水場周辺	7月11日	曇り	32	61	28.3	4.7	10.2	0.11
与那川	26° 45' 50"	128° 12' 59"	亜熱帯フィールドセンタ下流	7月18日	曇り	28	80	25.9	12.0	11.0	0.20
奥間川	26° 43' 42"	128° 10' 43"	野生生物保護センター付近	7月18日	曇り	32	80	26.0	8.8	12.0	0.17
平南川	26° 38' 02"	128° 05' 40"	キャンプ場周辺	7月18日	曇り	30	80	26.0	3.8	24.0	0.36
汀間川	26° 33' 37"	128° 05' 30"	嘉陽又橋付近	7月23日	晴れ	32	70	26.3	8.3	14.0	0.25
源河川	26° 37' 15"	128° 03' 36"	キャンプ場周辺	7月18日	曇り	30	85	26.9	7.1	29.0	0.21
真喜屋川	26° 36' 21"	128° 03' 28"	真喜屋ダム上流	7月18日	曇り	27	80	25.5	4.6	26.0	0.28
羽地大川	26° 36' 34"	127° 01' 06"	羽地ダム下流	7月23日	晴れ	35	45	29.1	7.9	15.0	0.45
満名川	26° 39' 28"	127° 55' 04"	玉城商店付近	7月23日	晴れ	35	35	24.9	3.6	20.0	0.38
数久田川	26° 33' 47"	127° 59' 17"	轟の滝下流	7月23日	晴れ	30	50	27.6	6.5	16.0	0.47
億首川	26° 29' 24"	127° 54' 21"	ヒジュルガー付近	7月22日	晴れ	31	55	26.2	1.1	7.0	0.07
天願川	26° 24' 25"	127° 49' 01"	山城ダム下流	7月22日	晴れ	33	60	29.0	2.3	6.0	0.24
比謝川	26° 20' 22"	127° 48' 43"	コザ十字路付近	8月21日	曇り	28	67	29.2	3.9	22.0	0.26
白比川	26° 18' 46"	127° 46' 28"	謝刈区公民館付近	7月23日	晴れ	30	55	30.9	3.2	17.0	0.34
普天間川	26° 15' 37"	127° 46' 17"	北上原区公民館付近	7月24日	曇り	28	82	27.1	1.5	15.0	0.29
宇地泊川	26° 14' 54"	127° 45' 19"	高速高架橋下	7月24日	曇り	29	70	28.1	5.0	27.0	0.29
安謝川	26° 13' 38"	127° 42' 59"	末吉公園滝見橋付近	8月21日	曇り	30	83	27.5	4.1	15.0	0.18
安里川	26° 12' 50"	127° 43' 36"	環境の杜付近	7月26日	曇り	35	65	27.4	1.0	7.0	0.25
国場川	26° 11' 46"	127° 43' 36"	兼城十字路付近	8月21日	曇り	34	60	31.2	2.1	15.0	0.88
雄樋川	26° 09' 38"	127° 45' 52"	大城ダム下流	8月21日	晴れ	30	70	28.6	1.6	2.0	0.26
報得川	26° 09' 19"	127° 44' 07"	牛舎付近	8月21日	晴れ	37	50	34.2	2.7	17.0	0.03



図3. 調査河川地図(詳細調査地)

黄色の丸で示した点がおおよその調査地点である。

・化学的水質調査

40河川のうち、特に7月から8月に調査を行った24河川について調査河川の水素イオン指数、全無機窒素濃度、全無機リン濃度、陰イオン界面活性剤濃度を測定した。水素イオン指数は北部河川および中南部河川に差は見られず、pH7程度の河川がほとんどであった(図4-1)。全無機窒素濃度は北部河川では低い値を示したが、中南部河川では雄樋川を除く河川で5 ppm以上の値を示した。特に国場川では約60ppmと他の河川では見られないような高い値を示した(図4-2)。北部河川では全無機リン濃度も全無機窒素濃度と同様に低い値を示した。中南部河川における全無機リン濃度は多くの河川で0.2ppm程度であったが、比謝川および国場川では1.0ppmを越える値を示した(図4-3)。陰イオン性界面活性剤濃度は天願川、比謝川、安里川、国場川、報得川で0.1ppm以上の値を示した。特に天願川、比謝川、国場川は界面活性剤の濃度が高かった(図4-4)。これらの化学的性質から比謝川および国場川は富栄養化がかなり進んでいることが推察される。

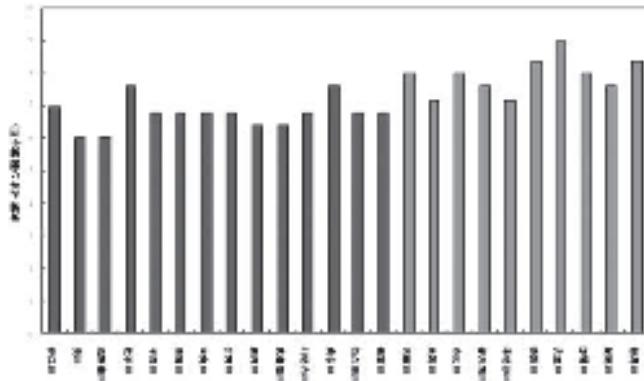


図4-1. 調査河川における化学的水質(水素イオン指数)

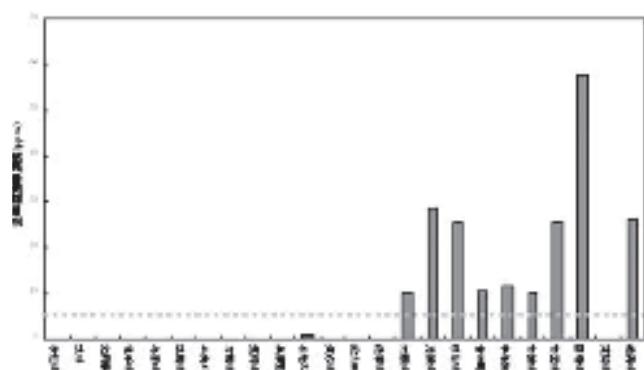


図4-2. 調査河川における科学的水質(全無機窒素濃度)

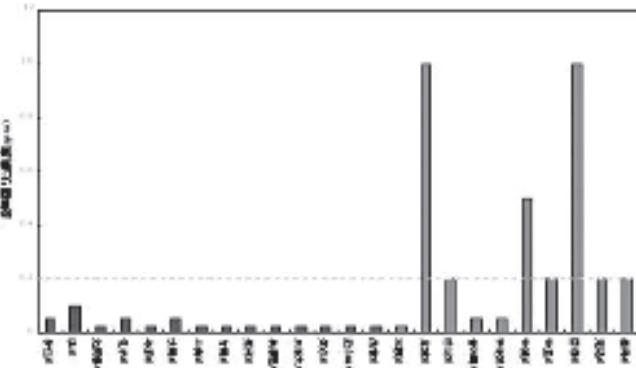


図4-3. 調査河川における科学的水質(全無機リン濃度)

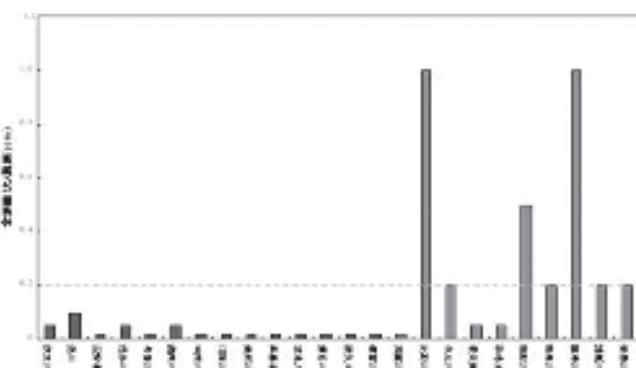


図4-4. 調査河川における科学的水質(陰イオン性界面活性剤濃度)

・生物学的水質調査

24河川について行った指標生物の採集調査の結果、捕獲できた指標生物の種と数は表5-1および表5-2のような結果であった。また、特に中南部の調査地周辺では外来魚類を始めとする外来水生生物が数多く観察された(表6)。北部河川と中南部河川における生物種には明らかな差があり、北部河川では汚濁耐性を持たない生物が、中南部河川からは汚濁耐性が強い生物が採集された。

採集した指標生物からパントル・バック法によって生物の汚濁度指数を求めた。汚濁指数が高いことは、低酸素条件で生息できる生物が優占している、つまり河川の酸素溶存度が低いことを意味している。北部河川の汚濁指数は2.0を下回り、中南部河川の汚濁指数はすべて2.0を上回る値を示した(図5)。これをもとに河川の汚濁階級を貧腐水性、 β 中腐水性、 α 中腐水性、強腐水性に分類した。伊江川、辺野喜川、真喜屋川は貧腐水性の河川であった。また、奥川、佐手川、与那川、奥間川、平南川、汀間川、源河川、羽地大川、満名川、数久田川、億首川は β 中腐水性の河川であり、中南部に位置する天願川、比謝川、白比川、普天間川、宇地泊川、安謝川、安里川、国場川、雄樋川、報得川はすべて α 中腐水性の河川であった。今回調査した調査河川のうち、強腐水性の河川は認められなかった(表7)。河川生物におけるシンプソンの多様度指数は、北部および中南部河川で顕著な差が見られなかった(図6)。

表5-1. 北部河川で採集された指標生物

階級	No.	生物名	伊江川	奥川	辺野喜川	佐手川	与那川	奥間川	平南川	汀間川	源河川	真喜屋川	羽地大川	満名川	数久田川	億首川
I	1	在来プラナリア類	28	2	27	6	40	18	17	2	13	12	20	8	11	48
	2	サワガニ類	1		1					2	1					
	3	ブユ類					1			5	2	2	1			1
	4	フタツメカワゲラ類	41	18	9	4	12	3	19	2	6	9	5	6	1	
		フサオナシカワゲラ類														
	5	ナガレトビケラ類	1	2	2	2	7	1	3	4	1	7	2	15		
	6	ヒラタカゲロウ類	13	4	5	2		4	6			9	4	5		
	7	ヘビトンボ類														1
I・II		ヒゲナガカワトビケラ			7	12	11		3	12	3					
		ウルマーシマトビケラ											12	7		4
	8	ニンギョウトビケラ	4	221		9	7	27	42	1	53	13	26	32	3	
		グマガトビケラ		39		42		50	18	2	5	1	1		3	42
		コカクツツビケラ				33	3	1	2	1	3	1	2			
		その他トビケラ類							7	1	2		21	7		8
	9	スジエビ	2	2	1	9		3	1	1						3
		トゲエラカゲロウ			2											
	10	シロハラコカゲロウ						4	2	1	1	2				
		ヒメカゲロウ														
III	11	カワニナ			13	8	33	132	14	39	17	3	5		3	3
	12	マルヒラタドロムシ	5	1	2	11	7		10	38	10	7		1	7	
	13	ハバヒロビル														
III・IV	14	シマイシビル														
	15	ミズムシ											52			
IV	16	サカマキガイ														
	17	ヒメモノアラガイ		1			1		1		17		1	5		
IV	18	イトミミズ														
	19	エラミミズ														
		フチグロユスリカ														
		オキナワユスリカ														
		合 計	95	290	69	138	122	244	150	108	134	67	156	95	33	108

表5-2. 中南部河川で採集された指標生物

階級	No.	生物名	天願川	比謝川	白比川	普天間川	宇地泊川	安謝川	安里川	国場川	雄樋川	報得川	
I	1	在来プラナリア類											
	2	サワガニ類											
	3	ブユ類											
	4	フタツメカワゲラ類											
		フサオナシカワゲラ類											
	5	ナガレトビケラ類											
	6	ヒラタカゲロウ類											
I・II	7	ヘビトンボ類											
		ヒゲナガカワトビケラ											
		ウルマーシマトビケラ			8			47					
	8	ニンギョウトビケラ			10			9					
		グマガトビケラ				2							
		コカクツツビケラ											
		その他トビケラ類			2	9		2	2				
	9	スジエビ											
		トゲエラカゲロウ											
	10	シロハラコカゲロウ											
III		ヒメカゲロウ											
		その他カゲロウ類	2		20				5				
	11	カワニナ		150	3	7	165	40	7				
	12	マルヒラタドロムシ				20							
III・IV	13	ハバヒロビル		15		5	16	5	31	4		117	
	14	シマイシビル		9	12	7	29	2	3	4		20	
	15	ミズムシ				1			1			26	
	16	外來プラナリア類	64	68	90	17	123	5	12	1	4		
IV	17	サカマキガイ	40	11		4	1	6	17	24	18	2	
	18	ヒメモノアラガイ	3	5		18	16	1	2	7	18		
IV		イトミミズ						10					
		エラミミズ			3						1		
	19	フチグロユスリカ			1						17	99	
		オキナワユスリカ				1		2				32	
		合 計	109	259	131	108	352	61	146	40	56	296	

表6. 調査地周辺で見られた外来水生動物

No.	河川名	魚類	貝類	甲殻類
1	伊江川			
2	奥川			
3	辺野喜川			
4	佐手川			
5	与那川			
6	奥間川			
7	平南川			
8	汀間川			
9	源河川			
10	真喜屋川			
11	羽地大川	カワスズメ類	タイワンシジミ	
12	満名川			
13	数久田川			
14	億首川	グッピー		
15	天願川	グッピー、カワスズメ類、コイ	サカマキガイ	
16	比謝川	グッピー、カワスズメ類、コイ、マダラロリカリア	サカマキガイ	
17	白比川	グッピー		スジエビの一種
18	普天間川	グッピー、カワスズメ類	サカマキガイ	
19	宇地泊川	グッピー、カワスズメ類、マダラロリカリア	サカマキガイ	
20	安謝川	グッピー	サカマキガイ	
21	安里川	グッピー	サカマキガイ	スジエビの一種
22	国場川	グッピー、カワスズメ類、コイ、キンギョ、マダラロリカリア	サカマキガイ、ラムズホーン	
23	雄樋川	グッピー	サカマキガイ	スジエビの一種
24	報得川	グッピー	サカマキガイ	

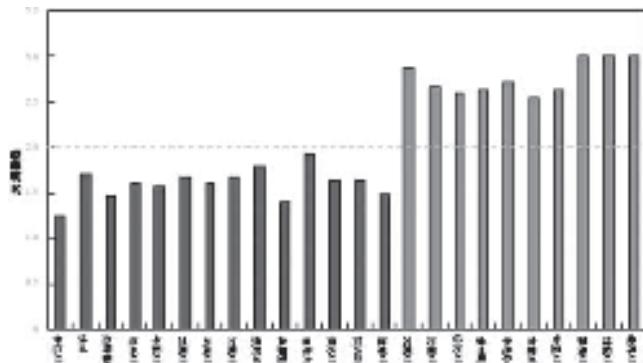


図5. 各河川における汚濁指標

表7. 汚濁階級による河川の分類

汚濁階級	河川名
貧腐水生	伊江川、辺野喜川、真喜屋川
β中腐水生	奥川、佐手川、与那川、奥間川、平南川、汀間川、源河川、羽地大川、満名川、数久田川、億首川
α中腐水生	天願川、比謝川、白比川、普天間川、宇地泊川、安謝川、安里川、国場川、雄樋川、報得川

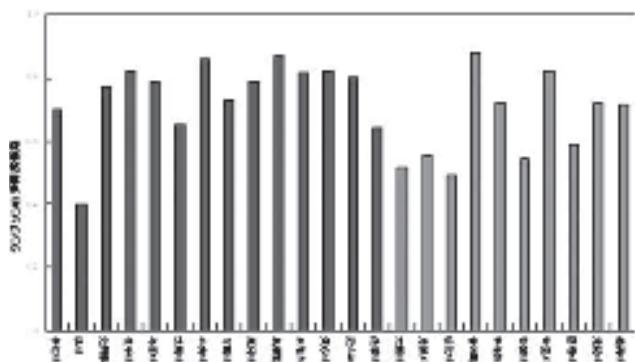


図6. 各河川における多様度指数

・化学的調査と生物学的調査の比較

化学的調査の指標として用いた全無機窒素濃度、全無機リン濃度、陰イオン界面活性剤濃度の値を用いて主成分分析を行い、第一主成分を化学的汚濁度指数とした。化学的汚濁度指数とパントル・バック法による生物的汚濁度指数を比較すると、北部河川と中南部河川が明らかに異なる特徴を有しており、北部河川では化学的汚濁度指数が0以下、生物的汚濁度指数が2以下とともに小さく、中南部河川では化学的汚濁度指数、生物的汚濁度指数ともに高いことが分かった。さらに今回調査した河川において、化学的汚濁度指数と生物的汚濁度指数には高い正の相関が見られた(図7)。

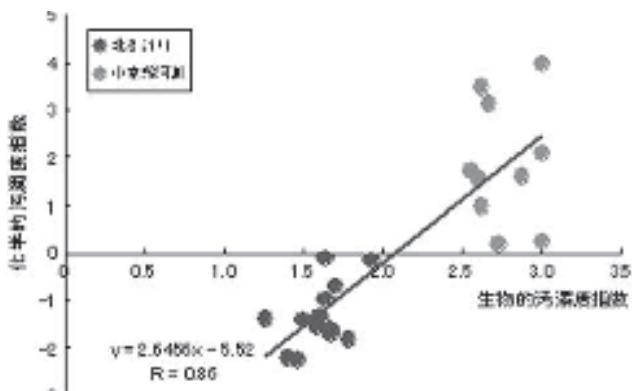


図7. 化学的汚濁度指数と生物的汚濁度指数の関係

・詳細調査地間のクラスター分析

採集した指標生物の種類と数から Horn の重複度指数 R_0 を求め、デンドログラムを作成した。2 地点間の R_0 値が大きいことは類似度が高いことを意味し、この値が小さいことは類似度が低いことを意味している。 R_0 の値が0.63で生物相が類似した河川を6 クラスターに分類することができた。6 つのクラスターのうち、北部河川は億首川クラスターとその他北部河川クラスターの2 クラスターに分けられた。中南部の河川は報得川クラスター、普天間川・安里川クラスター、雄樋川・国場川クラスター、天願川～比謝川クラスターの4 クラスターに分類され、そのうち報得川クラスターを除く3 クラスターは比較的類似していたが、報得川は他の河川とは独立していた(図8)。

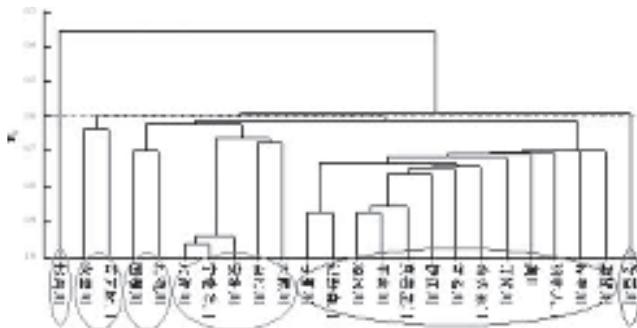


図8. Hornの重複度指標 R_h を用いた河川の分類

・詳細調査地におけるプラナリア類の同定とその分布状況
7月から8月に調査した24河川のうち、報得川を除く23河川では淡水性プラナリア類の生息が確認できた。表2のプラナリアの仮同定基準に従って仮同定を行った結果、外来プラナリアについてはアメリカナミウズムシ(図9-2)およびアメリカツノウズムシ(図9-3)が確認できた。調査の結果、沖縄本島北部、億首川以北の14河川で在来プラナリア(図9-1)の生息が確認された(表8)。沖縄県における淡水性の在来プラナリアはナミウズムシおよびリュウキュウナミウズムシが報告されており、ナミウズムシの染色体数は $2n=16$ 、リュウキュウナミウズムシの染色体数は $2n=14$ であることが分かっている。図10はプラナリアの染色体である。押しつぶし法を用いて染色体を観察・測定したところ、奥川、伊江川、辺野喜川、佐手川、与那川、奥間川、汀間川ではリュウキュウナミウズムシが、平南川、源河川、真喜屋川、羽地大川、満名川、数久田川、億首川ではナミウズムシが確認できた(表8)。これは特に国頭村の河川にはリュウキュウナミウズムシ、大宜味村以南の北部河川ではナミウズムシが分布していることを示唆している。しかし羽地大川には外来プラナリアが移入しており、採集したプラナリアの約70%が外来プラナリアであった(図11)。沖縄本島中南部、天願川以南の9河川では外来淡水性プラナリアの生息が確認された。国場川からはアメリカツノウズムシのみが、白比川、普天間川、安里川からはアメリカナミウズムシおよびアメリカツノウズムシが、天願川、比謝川、宇地泊川、安謝川、雄樋川からはアメリカナミウズムシのみが採集された(表8)。これらの結果をもとに調査河川の在来および外来プラナリアの分布状況を沖縄本島の地図にマッピングした(図12)



図9-1. 在来プラナリア

全体的に体が細く、厚みもあまりない。眼は丸く、耳葉があまり発達していない。

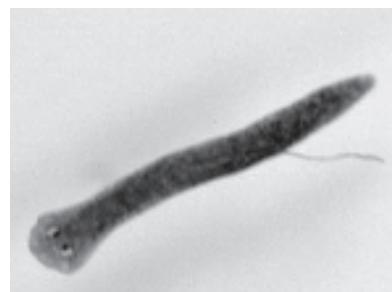


図9-2. 外来プラナリア(アメリカナミウズムシ)

体の幅が太く、厚みがある。体色は赤褐色であることが多く、耳葉が発達している。



図9-3. 外来プラナリア(アメリカツノウズムシ)

体の幅はアメリカナミウズムシと在来プラナリアの中間程度。耳葉が尖るように発達する。

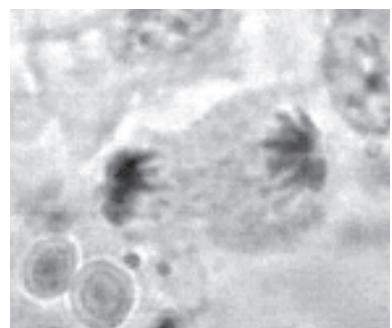


図2. 在来プラナリア(リュウキュウナミウズムシ)の染色体

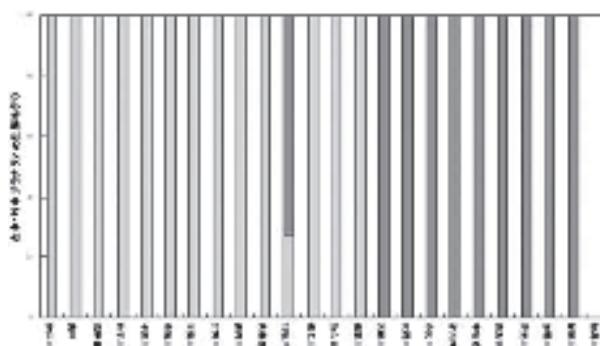


図11. 各河川におけるプラナリアの生息比

緑は在来プラナリア類を、橙は外来プラナリア類を示す。

表8. 仮同定したプラナリア類の詳細

No.	河川名	形態による仮同定	染色体数	染色体数による仮同定
1	奥川	在来	14	リュウキュウナミウズムシ
2	伊江川	在来	14	リュウキュウナミウズムシ
3	辺野喜川	在来	14	リュウキュウナミウズムシ
4	佐手川	在来	14	リュウキュウナミウズムシ
5	与那川	在来	14	リュウキュウナミウズムシ
6	奥間川	在来	14	リュウキュウナミウズムシ
7	平南川	在来	16	ナミウズムシ
8	汀間川	在来	14	リュウキュウナミウズムシ
9	源河川	在来	16	ナミウズムシ
10	真喜屋川	在来	16	ナミウズムシ
11	羽地大川	在来 アメリカナミウズムシ	16	ナミウズムシ
12	満名川	在来	16	ナミウズムシ
13	数久田川	在来	16	ナミウズムシ
14	億首川	在来	16	ナミウズムシ
15	天願川	アメリカナミウズムシ		
16	比謝川	アメリカナミウズムシ		
17	白比川	アメリカナミウズムシ アメリカカツノウズムシ		
18	普天間川	アメリカナミウズムシ アメリカカツノウズムシ		
19	宇地泊川	アメリカナミウズムシ		
20	安謝川	アメリカナミウズムシ		
21	安里川	アメリカナミウズムシ アメリカカツノウズムシ		
22	国場川	アメリカカツノウズムシ		
23	雄樋川	アメリカナミウズムシ		
24	報得川	未確認		



図12. 沖縄本島におけるプラナリア類の分布

・指標生物に占めるプラナリアの割合と河川の汚濁指数

指標生物に占めるプラナリアの割合とパントル・バック法によって算出した汚濁指数の関係を調べてみると、在来プラナリアが指標生物に占める割合と汚濁度には負の相関が認められ、汚濁度が上がると在来プラナリアが指標生物に占める割合が下がる傾向が認められた。しかし外来プラナリアが指標生物に占める割合と汚濁指数の間に関係は認められなかった(図13)。なお、汚濁指数2.0付近の在来プラナリアおよび外来プラナリアのポイントは羽地大川における値である。

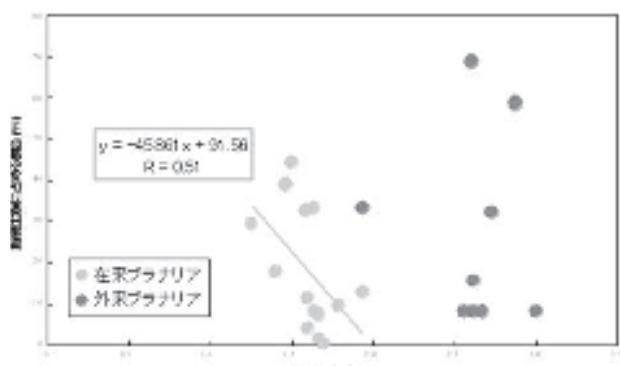


図13. プラナリアが指標生物に占める割合と汚濁指数

・指標生物に占めるプラナリアの割合と指標生物の多様度

指標生物に占めるプラナリアの割合とシンプソンの多様度指数の関係を調べてみると、在来プラナリアが指標生物に占める割合と多様度指数には相関が認められなかった。しかし中南部の河川では指標生物に占める外来プラナリアの割合と多様度指数に負の相関が認められた(図14)。これは指標生物の種数および採集数が少ない河川では外来プラナリアが多く生息していることを意味しており、多様度が小さな河川では外来プラナリアが優占種になることを示唆している。

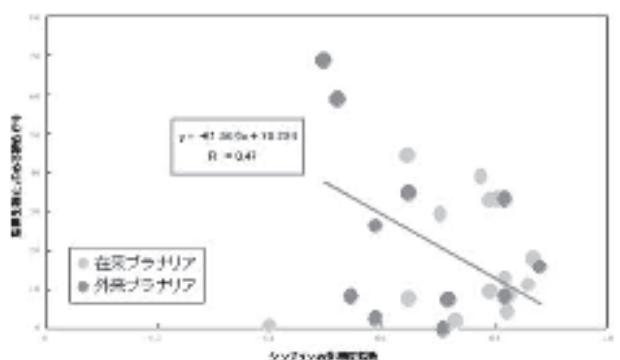


図14. プラナリアが指標生物に占める割合と多様度指数

・在来プランナリアおよび外来プランナリアの増減

採集後14日にプランナリアの同定を行ったところ羽地川産プランナリアの約70%が外来プランナリアであった。このように在来および外来プランナリア類が混在していた羽地大川産のプランナリアを人工気象器内で100日間飼育したところ、在来プランナリアに減少および外来プランナリアの

増加が認められた。飼育60日目の在来プラナリアの割合は全体の約5%まで減少し、外来プラナリアの割合は約25ポイント増加して、全体の約95%になった。飼育期間中は1週間に1回程度ワラジムシやアリなどを餌として与えたが、在来プラナリアより外来プラナリアのほうが餌に対する反応が良かった。また、飼育60日目のプラナリアの体長は外来プラナリアで大きくなり、在来プラナリアは小さくなっているようであった。さらに100日後にはすべて外来プラナリアとなり、在来プラナリアはいなくなった(図15)。

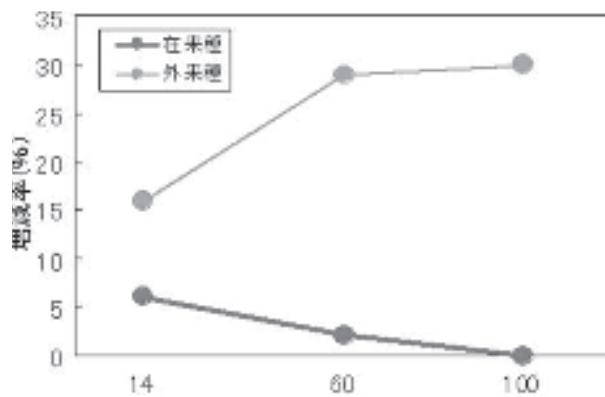


図15. 羽地大川産プラナリア類の増減

・プラナリア類の嗜好性

採餌実験より、在来プラナリアも外来プラナリアも基本的に動物の死骸をよく食べたことから腐肉食性であることが推察された(表9)。しかし特に外来プラナリアはヒラタカゲロウやシマトビケラの一種など、比較的動きが遅い生物を捕食することが分かった。また、在来プラナリアは嗜好性が比較的高く、死骸でも食べない種があるのに対し、外来プラナリアはシマイシビル以外の生物を餌とした。今回の実験ではプラナリア同士の共食いは起こらなかったため、在来プラナリアには外来プラナリアを、外来プラナリアには在来プラナリアを刻んで与えたところ、どちらも採餌行動を示さなかった。餌として与えられたプラナリアはどちらも組織が崩壊して死滅したため、捕食しなかったと判断した。さらにプラナリアの嗜好性から、捕食の偏食指数を0、腐肉食の偏食指数を1、非食の偏食指数を2として値を合計し、すべての生物を食べなかった場合に対する割合を偏食率とした。在来プラナリアと外来プラナリアの偏食率を比較したところ、外来プラナリアは偏食率が低く、いろいろな動物を捕食することが分かった(図16)。

表9. プラナリア類の嗜好性

No.	生物種	生活型	食性	在来プラナリア	外来プラナリア
1	グマガトビケラ	固着型	植物食性	++	++
2	プラナリア*		動物食性	-	-
3	マルヒラタドロムシ		植物食性	-	++
4	シマイシビル		デトリタス食性	-	-
5	カワニナ		植物食性	+	+
6	モノアラガイ		植物食性	-	+
7	シマトビケラの一種	造網型	雜食性	+	++
8	ヒゲナガカワトビケラ		雜食性	+	+
9	カゲロウの一種	ほふく型	植物食性	+	+
10	フタツメカワゲラ		動物食性	+	+
11	ヒラタカゲロウの一種		植物食性	+	++
12	チグロユスリカ	掘潜型	デトリタス食性	++	++

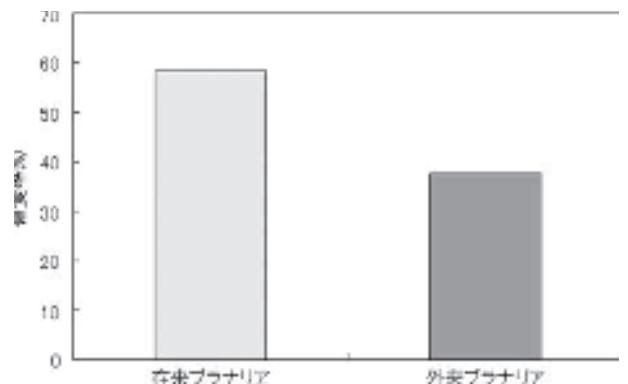


図16. プラナリア類の偏食率

・プラナリア類がエサを見つける速さ

プラナリアが餌を見つけるのにかかる時間を測定したところ、外来プラナリアは2分程度で餌を見つけて取り付き、捕食するのに対して在来プラナリアは餌を見つけるまでに1時間以上かかった(図17)。さらに在来プラナリアはユスリカ幼虫に取り付いても逃げられるなど、捕食できない場面が目立った。

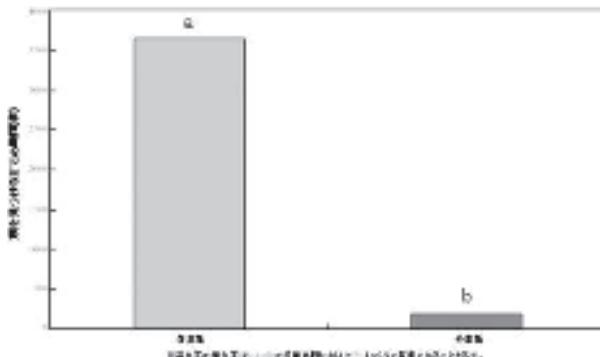


図17. プラナリア類が餌を見つける速さ

・プラナリア類の海水耐性

プラナリア類の海水耐性が、在来プラナリア、外来プラナリアとも同様であり、淡水中においては在来プラナリア、外来プラナリアともにはじめは激しく動いたが5分

程度で動きが緩慢になり飼育ビンと同様な状態になった。25%海水中では在来プラナリア、外来プラナリアとともに、はじめ体をひねるような行動を示し、激しく動いたが、徐々に体をひねらなくなつた。外来プラナリアは10分後も行動は落ち着かず、移動を繰り返した。50%海水中において、在来プラナリア、外来プラナリアとともに体を激しくくねらせ、5分後には体を伸ばして動かなくなつた。海水中においては外来プラナリア、在来プラナリアともに激しく体をくねらせ、5分後には口吻を体外に出した状態で体を伸ばし動かなくなつた(図18)。海水および50%海水で処理したプラナリア類を淡水に戻したところ、在来、外来とともに組織が崩壊した。

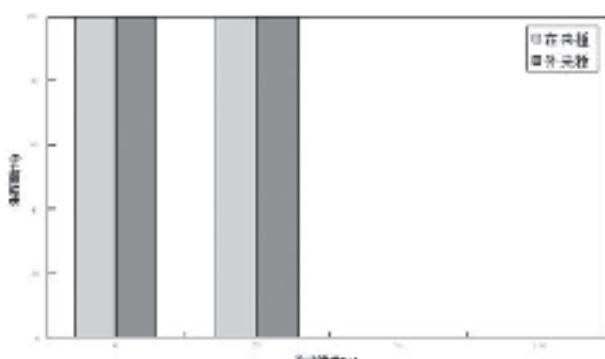


図18. プラナリア類の海水耐性

・聞き取り調査

那覇市内の観賞魚専門店 OKINAWA BIANCO および沖縄水族館真嘉比店において聞き取り調査を行った。OKINAWA BIANCO では長く熱帯魚やエビを飼育している水槽で時々プラナリアが発生するということであった。プラナリアが発生した場合、エビの卵や稚エビを襲うため、ゴールデンハニーグラミーを混泳させて食わせて駆除するということであった。また、プラナリアはエビやメダカなどに付着して別の水槽に移動するということであり、発生した場合は完全駆除が難しいためリセットした方がいいとのことであった。

沖縄水族館真嘉比店ではプラナリアはほとんど発生しないが、汚れた水槽で発生することであった。さらにプラナリアは水草に付着して移動することはないということであった。沖縄水族館でもプラナリアが発生した場合はリセットした方がいいとのことであった。

4. 考 察

これまでの調査でも人口密度が高い沖縄本島中南部では河川の富栄養化が進んでいるという結果がでており(遠山、1985)、本実験でもそれを裏付けるようなデータが認められた(図4-1、4-2、4-3、4-4)。水素イオン指数において北部河川および中南部河川で差が認められなかつた(図4-1)のは、滞水域ではなくある程度の水流があつたためと考えられる。本研究では生物的酸素

要求量などは測定しなかつたが、これは調査地において十分な水流が認められ、窒素化合物を分解するのに十分な量の酸素が混入していたと考えたからである。中南部河川において全無機窒素濃度が高い値を示した(図4-2)のは、生活排水の影響によるものが大きいと考えられたが、報得川では畜舎排水、天願川では周囲の水田に散布される肥料によるものと考えられる。これは全無機リン濃度についても同様であると考えられる(図4-3)。陰イオン性界面活性剤濃度も中南部河川で高い値を示す傾向が見られた(図4-4)。一般的に界面活性剤濃度は洗剤の使用、廃棄によって上昇すると考えられるが、天願川の調査地では周囲に民家もなく、生活排水が入っている様子も見られなかつたため、水田に散布された農薬が河川に入り込んでおり、その影響で高い値を示したと考えられる。

パントル・バック法によって汚濁指数を算出したところ、北部河川では2.0未満の値が、中南部河川ではそれ以上の値が示された。この値が高い河川では汚濁耐性が強い生物が優占的に生息しており、低い河川では汚濁に弱い生物の優占度が高いことを意味する。つまり、北部河川と中南部河川では明らかに生息している水性生物種が異なることである。水質階級を決定した結果、北部河川は貧腐水性および β 中腐水性であった(表7)。北部河川では生活排水などの流入が少ないと想定され、河川の富栄養化の進行が抑制されていると考えられる。その結果、汚濁耐性のない生物種が多く生息でき今回の結果になつたと考えられる。一方、中南部河川の水質階級はすべて α 中腐水性であった。これは生活排水や畜舎排水による水質汚染が原因で河川の富栄養化が進んだ結果、汚濁耐性のある種のみが生息していたためと考えられる。本調査では強腐水性の水域は確認できなかつたが、これは調査地の大部分が河川の上・中流域であったため汚染の程度が低く、さらに河川の浄化能が失われていない地点であったためだと想定される。これは多様度指数の結果からも推察できる。栄養塩類が極度に少ない湧水などでは生物種が少ないが、ある程度富栄養化が進むと種数は急激に増加する。しかし、富栄養化の進行が進み、川底にヘドロがたまって水が濁るようなレベルになると生物は生息できなくなる(谷田、2010)。今回の調査地ではすべての河川である程度の栄養塩類が含まれており、生物が生息するのに不適な環境ではなかつたと考えられる。

今回の調査から、沖縄本島河川における淡水性プラナリアは、北部河川には在来プラナリアが、中南部の汚染が進んだ河川には外来プラナリアが分布していることが確認でき、在来プラナリアはナミウズムシおよびリュウキュウナミウズムシ、外来プラナリアはアメリカナミウズムシおよびアメリカツノウズムシであることがわかつた(図2、図12、表3、表8)。沖縄県外でも汚染された河川で外来プラナリア類が多数捕獲されているという報告があり(伊勢湾再生推進会議、2011)、さらに汚濁耐性を持つ指標生物相と外来プラナリアの分布状況には類似性があ

ることから(表5－2)、外来プラナリア類には水質の汚濁に対して耐性があると考えられる。

採集した生物に占める在来、外来プラナリアの比を比較すると、在来プラナリアの存在比と汚濁度には負の相関が見られたが、外来プラナリアにおいてはそのような相関は見られなかった(図13)。これは在来プラナリアが他の汚濁耐性を持たない種と同様に、河川の汚濁が進むと姿を消していくことを示唆している。また、在来プラナリアの存在比と多様度指数には相関が見られなかったが、外来プラナリアの存在比と多様度指数には負の相関があった(図14)。これは外来プラナリアが生物多様性の小さい河川に容易に侵入・増殖できることを示唆している。さらに河川のクラスター分析の結果、プラナリアが捕獲できなかった報得川とその他の中南部河川、さらに北部河川の調査地はそれぞれ別のクラスターに属しており、プラナリアの分布状況と類似していることや(図8、表8)、採餌実験の結果、外来プラナリアには顕著な嗜好性がないことから(表16、表9)、外来プラナリアが底性生物を捕食することでニッチを広げ、底生生物の多様性を減少させる原因になる恐れがある。さらに羽地大川産プラナリアの飼育実験で在来プラナリアの減少と外来プラナリアの増加が同時に起こったこと(図15)、エサを見つける速度も在来プラナリアより有意に速かったこと(図11)から、北部河川に外来プラナリアが侵入した場合、エサを巡る競争が起り、在来プラナリアが駆逐されていくと考えられる。

外来プラナリアの侵入経路については、羽地大川のように周囲の河川と分布状況が異なること(図6、図7、表7)、億首川と福地川、羽地大川、天願川を比較すると、億首川の調査地がダム上流部であり、在来プラナリアが確認された一方で福地川、羽地大川、天願川の調査地はダム下流部であり外來プラナリアが確認できたこと(図2、図12、表3、表8)、さらに真喜屋川の調査地ではダム上流部には在来プラナリアのみが、下流部には外來プラナリアのみが生息していたこと(図2、表3)、淡水性プラナリア類が海水で生存できないこと(図17)から、外来プラナリアが周囲の河川から海域を経由して遡上・侵入しているとは考えづらく、外来プラナリアの分布地で外来的魚類が多く見られること(表6)ならびに、聞き取り調査の結果から、熱帯魚などのペットの放流に伴う侵入が疑われる。

沖縄県では帰化動物によって、たとえばジャワマンガースなどによるヤンバルクイナの捕食などに見られる在来動植物の捕食、グッピーの移入によるメダカの減少などに見られる競争による在来種の駆逐、タイワンハブとハブの交雑による遺伝子のかく乱などの問題が起こっているが(沖縄県立博物館、1996)、本研究の結果は、外来種の流入によって流入した外来種が直接及ぼす影響のみにとどまらず、その外来種に付随して流入する生物が引き起こす問題に発展することを示唆している。淡水性プラナリアに限ってみた場合でも、一度在来プラナリアが

絶滅する、または外来プラナリアと置き換わった場合、在来プラナリアを含めた生態系の復元が容易ではないことが想像でき、今後は羽地大川など在来プラナリアと外来プラナリアが混在する河川における継続的なモニタリングが重要であると考えられる。また、今回調査を実施しなかつた北部河川における外来プラナリアの分布状況の詳細な調査も必要であると考えられる。さらに今回は特定できなかったが、外来プラナリアが確認された羽地大川など北部河川への外来プラナリアの侵入経路や侵入時期、外来プラナリアが環境に及ぼす影響についてさらなる調査を進めていきたい。

5. 謝 辞

本研究は琉球新報社サイエンスクラブの助成を受けて実施しました。ここに厚く御礼申し上げます。また、いつもご指導してくださった宮城仁志先生、名嘉一史先生をはじめとする開邦高校理科の先生方には、大変お世話になりました。ありがとうございました。

6. 引用・参考文献

- ・嵩原建二ら、1997、沖縄の帰化動物、沖縄出版
- ・手代木渉・渡辺憲二、1998、プラナリアの形態分化—基礎から遺伝子まで—、共立出版
- ・西田睦ら、2003、琉球列島の陸水生物、東海大学出版会
- ・専修学校サイ・テク・カレッジ 環境生態学科、2005、平成17年度水性生物調査報告書—白比川及び普天間川—
- ・田中俊雄、2008、尼崎市内で採集したプラナリアの組織観察、東書Eネット、高等学校 理科、教材研究・教科情報・実践事例、[生物] 実践事例
- ・Gen-yu Sasaki, 2001, Planarians found in tanks for tropical fishes in Japan, http://www2.u.biglobe.ne.jp/~genyu/tankpla_e.html
- ・Ronald ら、2010, Exotic freshwater planarians currently known from Japan, Belg. J. Zool., 140 (Suppl.): 103-109
- ・村上興正・鷺谷 いづみ、2003初版第4刷、日本生態学会外来種ハンドブック、地人書館
- ・半谷高久・小倉紀雄、2004、第3版水質調査法(初版第6刷)、丸善
- ・小倉紀雄、1987、調べる・身近な水、講談社
- ・津田松苗、1962、水生昆虫、北隆館
- ・環境省「全国水生生物調査のページ」
[\(2011.5/4 アクセス\)](http://www2.env.go.jp/water/mizusite/mizu/suisei/suisei.html)
- ・沖縄県環境生活部環境保全課
<http://www.pref.okinawa.jp/kankyouhozen/okina>

http://wa/water/aquatic_life/What's.html (2011.5/4 アクセス)

- ・谷田一三、2010、河川環境の指標生物学、北隆館
- ・綾瀬市環境市民部環境保全課、2005、環境公害情報(平成17年度版)
- ・大垣俊一、2008、多様度と類似度、分類学的新指標、*Argonauta* 15: 10-22
- ・Masaaki MORISHITA, 1959, Measuring of the Dispersion of Individuals and Analysis of the Distributional Patterns, *Res. Popul. Ecol.*, 4:1-7
- ・木元新作、1978、生態学研究講座 14 生物群集研究法 I、共立出版
- ・株式会社 東海アクアノーツ

〈 <http://www.tkaqua.com/oyakudachi.html>
×(2011.9/25 アクセス)

- ・川勝 正治ら、2008、日本の平地水域のプラナリア類—在来種と外来種の手引き—
http://victoriver.com/Documents/mw_j.pdf
- ・鈴木範男ほか、2009、身近な動物を使った実験 2、三共出版
- ・遠山英一、1985、沖縄の水とその環境、沖縄理科学研究所
- ・伊勢湾再生推進会議、2011、平成22年度伊勢湾流域圏一斉モニタリング(確定版)
- ・沖縄県立博物館、1996、沖縄の帰化動物～海をこえてきた生きものたち～、沖縄県立博物館友の会

講評

沖縄本島における外来及び在来淡水性プラナリアの分布状況

身近な河川での思いがけない発見から、研究が開始されて研究を続けるうちに様々な課題に気づき、研究内容を多角的な研究へと発展させた精力的で示唆に富んだ研究内容だと思います。調査方法も単純な分布調査で終わらず、化学的な調査と評価、他の生物群の分布調査と多様性の変化に対する評価等多面的な調査を行い、結論を補強しています。加えてその侵入経路の想定も多角的で発展性を持つ予備的研究が行われています。また、研究を進めるに当たって、関連する研究内容や文献を数多く調査し、考察に活かした説得力のある内容です。本島内の40 河川を調査した結果と、これまでに行われた河川水質の汚濁状況が良く一致し、目立たない小さなプラナリアを通して、外来種と在来種の関係、エサ生物やその他生物群への影響等を指摘するなど興味深い研究です。一方で、曖昧な表記や分析結果が把握しづらい記述があるので、内容を的確に伝える表現に留意しましょう。自らも指摘するように発展課題として、プラナリアの移入について、付着移動させる生物の有無や人間活動との関係に対する側面からのアプローチが期待されます。外来プラナリアの遺伝的解析によって、移入－拡散の経路やその後の予測も可能かもしれません。今回の研究で見つかった課題を解明する研究が楽しみです。

受賞ポイント

既知の研究データを明瞭に裏付けるデータの提示、野外調査へのエネルギー量、豊富な文献調査量、多様性比較によるクラスター分析、分析結果を多元的な視野で分析・評価した事など、見落としがちな小さな外来生物の影響や人の経済活動による環境への影響を示唆した内容など、総合的な視野から環境奨励賞に値すると判断した。