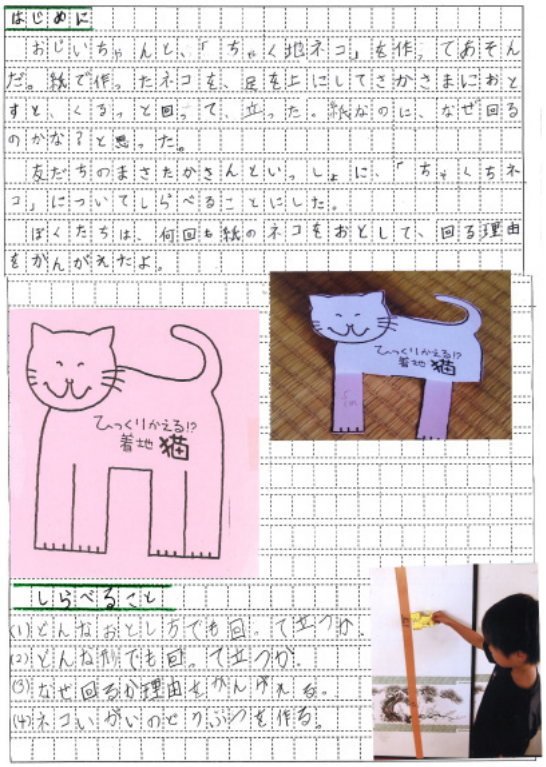
沖 縄 県 教 育 長 賞

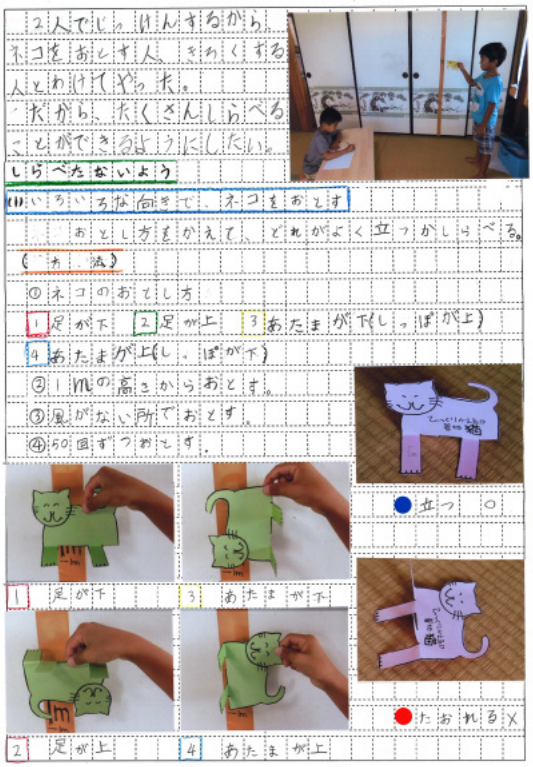
第37回沖縄青少年科学作品展

ちゃく地ネコ　～なぜ回る？～

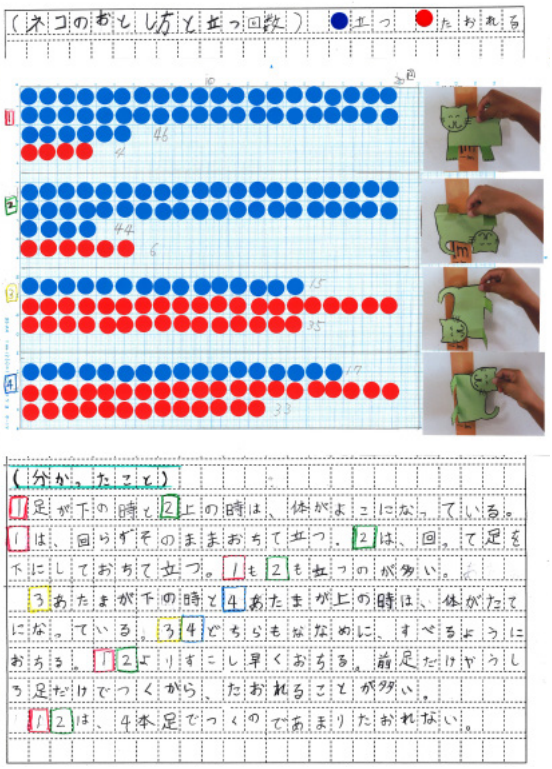
南城市立大里小学校
２年 新垣 尚琉　２年 渡邊 昌剛



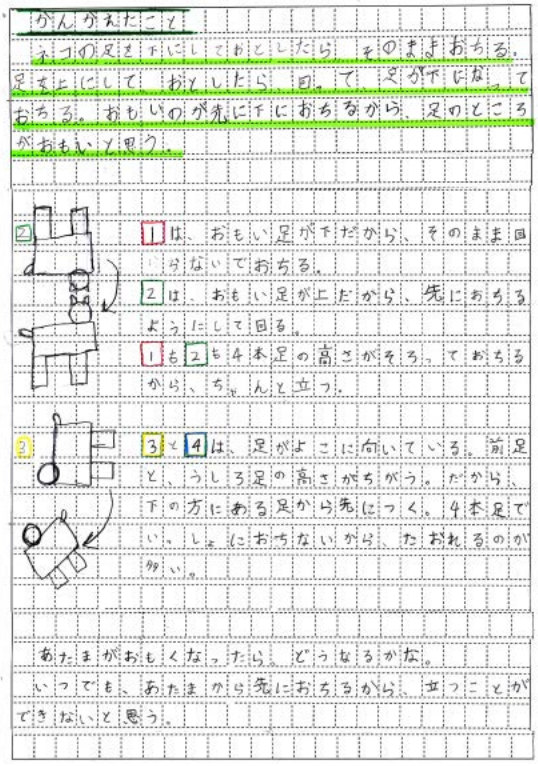
1



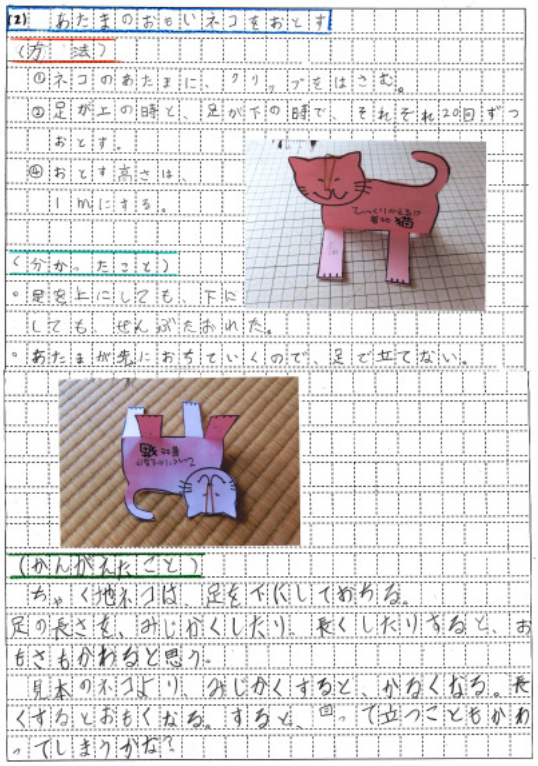
2


（ネコのおとし方と立つ回数）
立つ
たおれる
（分かったこと）
1 足が下の時と2上の時は、体がよこになっている。
1は、回らずそのままおちて立つ。2は、回って足を下にしておちて立つ。1も2も立つのが多い。
3あたまが下の時と4あたまが上の時は、体がたてになっている。3 4どちらもななめに、すべるようにおちる。1 2よりすこし早くおちる。前足だけやうしろ足だけでつくから、たおれることが多い。
1 2は、4本足でつくのであまりたおれない。

3


かんがえたこと
ネコの足を下にしておとしたら、そのままおちる。足を上にして、おとしたら、回って、足が下になっておちる。おもいのが先に下におちるから、足のところがおもいと思う。
1は、おもい足が下だから、そのまま回らないでおちる。
2は、おもい足が上だから、先におちるようにして回る。
1も2も4本足の高さがそろっておちるから、ちゃんと立つ。
3と4は、足がよこに向いている。前足と、うしろ足の高さがちがう。だから、下の方にある足から先につく。4本足でいっしょにおちないから、たおれるのが多い。
あたまがおもくなったら、どうなるかな。
いつでも、あたまから先におちるから、立つことができないと思う。

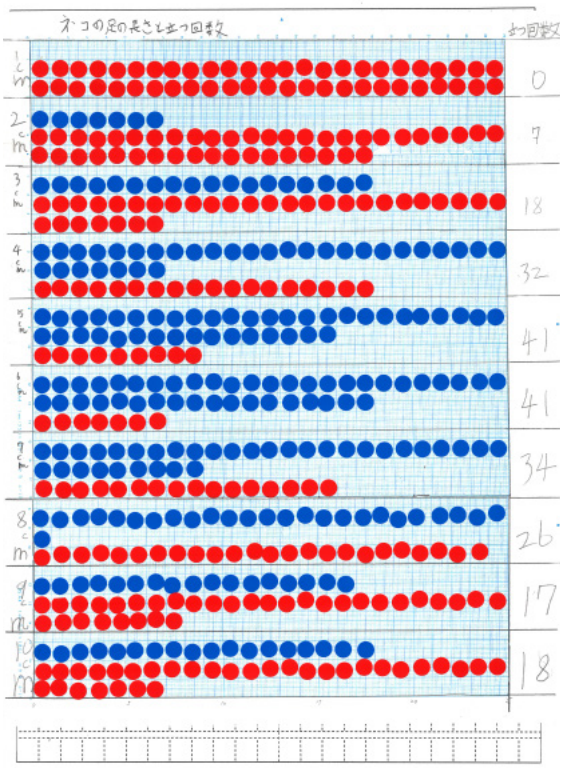
4


(2) あたまのおもいネコをおとす
（方法）
①ネコのあたまに、クリップをはさむ。
②足が上の時と、足が下の時で、それぞれ20回ずつおとす。
④おとす高さは、1mにする。
（分かったこと）
・足を上にしても、下にしても、ぜんぶたおれた。
・あたまが先におちていくので、足で立てない。
（かんがえたこと）
ちゃく地ネコは、足を下にしておちる。
足の長さを、みじかくしたり、長くしたりすると、おもさもかわると思う。
見本のネコより、みじかくすると、かるくなる。長くするとおもくなる。すると、回って立つこともかわってしまうかな？

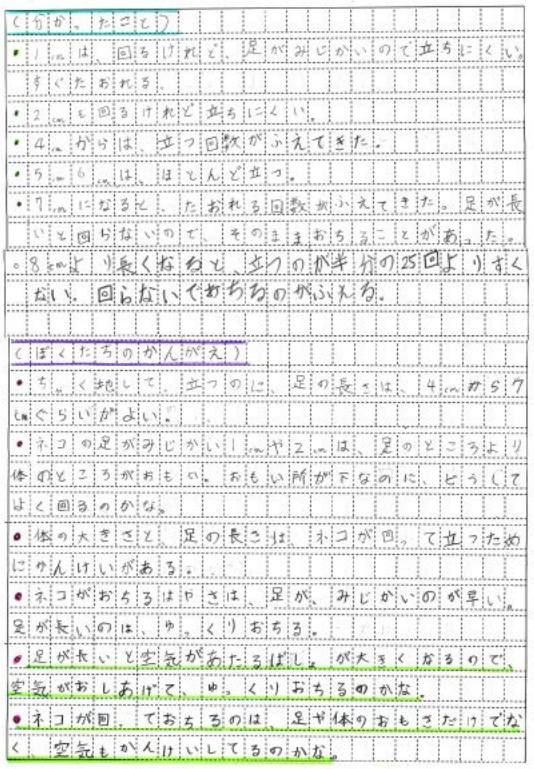
5

ネコの足の長さをかえたらどうなるかしらべたよ。
(3) ネコの足の長さをかえておとす
（方法）
①見本のネコの足の長さは、5cmなので、それをみじかくしたり、長くした。
②足の長さ
5cmよりみじかい（4cm・3cm・2cm・1cm）
5cmより長い（6cm・7cm・8cm・9cm・10cm）
③足を上にしておとす。
④50回ずつおとす。

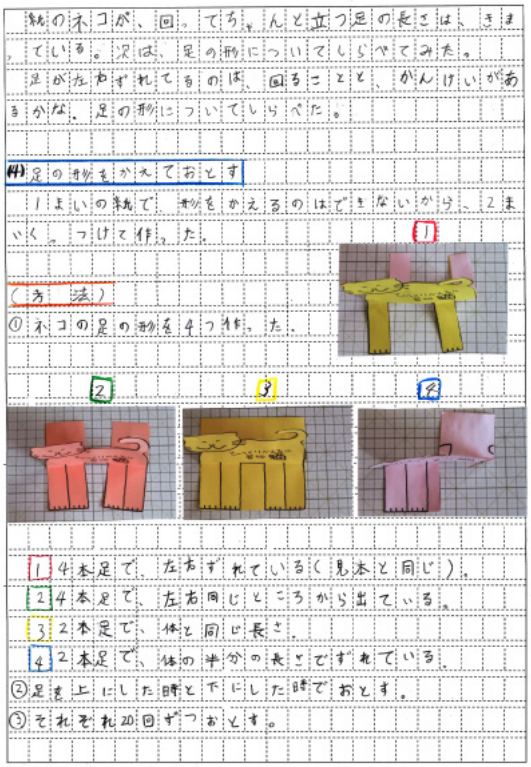
6


ネコの足の長さと立つ回数
立つ回数
1cm
0
2cm
7
3cm
18
4cm
32
5cm
41
6cm
41
7cm
34
8cm
26
9cm
17
10cm
18

7


（分かったこと）
・1cmは、回るけれど、足がみじかいので立ちにくい。すぐたおれる。
・2cmも回るけれど立ちにくい。
・4cmからは、立つ回数がふえてきた。
・5cm、6cmは、ほとんど立つ。
・7cmになると、たおれる回数がふえてきた。足が長いと回らないので、そのままおちることがあった。
・8cmより長くなると、立つのが半分の25回よりすくない。回らないでおちるのがふしぎ。
（ぼくたちのかんがえ）
・ちょくせつして、立つのに、足の長さは、4cmから7cmぐらいがよい。
・ネコの足がみじかい1cmやそこは、足のところより体のところがおもい。おもい所が下なのに、どうしてよく回るのかな。
・体の大きさと、足の長さは、ネコが回って立つためにかんけいがある。
・ネコがおちるはやさは、足がみじかいのが早い。足が長いのは、ゆっくりおちる。
・足が長いと空気があたるばしょが大きくなるので、空気がおしあげて、ゆっくりおちるのかな。
・ネコが回っておちるのは、足や体のおもさだけでなく、空気もかんけいしてるのかな。

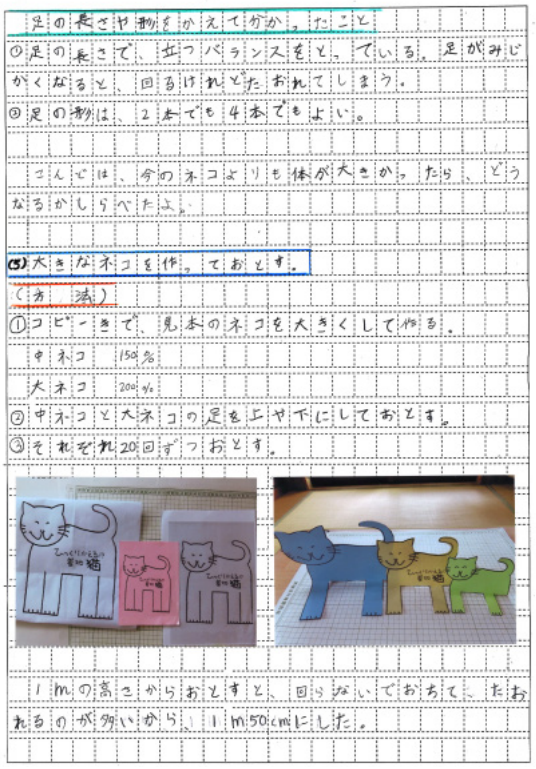
8


靴のネコが、回ってちゃんと立つ足の長さは、きまっている。次は、足の形についてしらべてみた。
足が左やぶれてるのは、回ることと、かんけいがあるかな。足の形についていらべた。
(#)足の形をかえておとす
1まいの靴で、形をかえるのはできないから、2まいく。つけて作った。
1
(方法)
①ネコの足の形を4つ作った。
2
3
4
1 4本足で、左右ずれている(見本と同じ)。
2 4本足で、左右同じところから出ている。
3 2本足で、体と同じ長さ。
4 2本足で、体の半分の長さでずれている。
②足を上にした時と下にした時でおとす。
③それぞれ20回ずつおとす。

9

ネコの足の形と立つ回数
立つ
たおれる
1
2
3
4
(分かったこと・かんがえたこと)
・足を下にしておとした時は、1 2 3 4とも、ちゃんと立つのが多い。
・足を上にして、さかさにおとした時は、1 3が立つのが多い。2 4は、たおれるのが多くなる。
・足を上にしておとしたら、みんな回っておちた。
・ネコの足の形や出かたは、回ることにかんけいがないのかな?
・靴を2まいくっつけたので、体も足もおもくなっただけど、ネコが回るのは、1まいとおなじだった。
・1まいの時より早く回る。

10



足の長さや形をかえて分かったこと

①足の長さで、立つバランスをとっている。足がみじかくなると、回るけれどたおれてしまう。

②足の形は、2本でも4本でもよい。

こんどは、今のネコよりも体が大きかったら、どうなるかしらべたよ。

(5)大きなネコを作っておとす。

(方法)

①コピーきで、見本のネコを大きくして作る。

中ネコ 150%

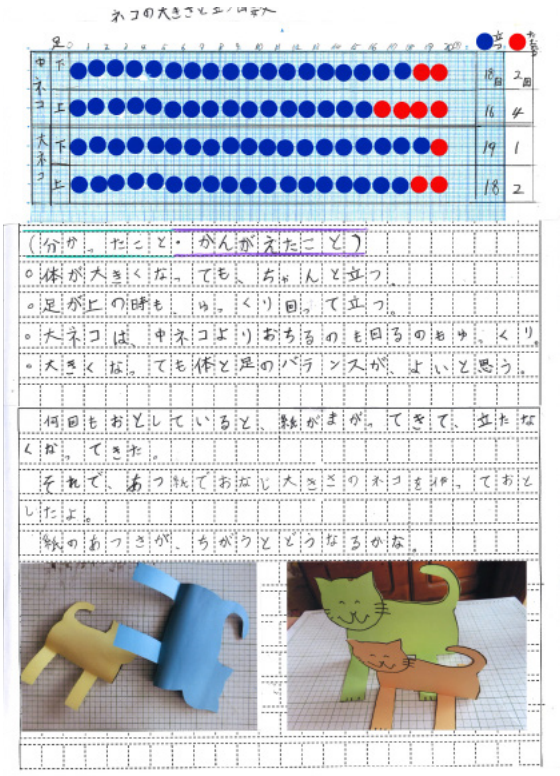
大ネコ 200%

②中ネコと大ネコの足を上や下にしておとす。

③それぞれ20回ずつおとす。

1mの高さからおとすと、回らないでおちて、たおれるのが多いから、1m50cmにした。

11



ネコの大きさと立つ回数

		立つ	たおれる
中ネコ	下	18回	2回
	上	16	4
大ネコ	下	19	1
	上	18	2

(分かったこと・かんがえたこと)

○体が大きくなっても、ちゃんと立つ。

○足が上の時も、ゆっくり回って立つ。

○大ネコは、中ネコよりおちるのも回るのもゆっくり。

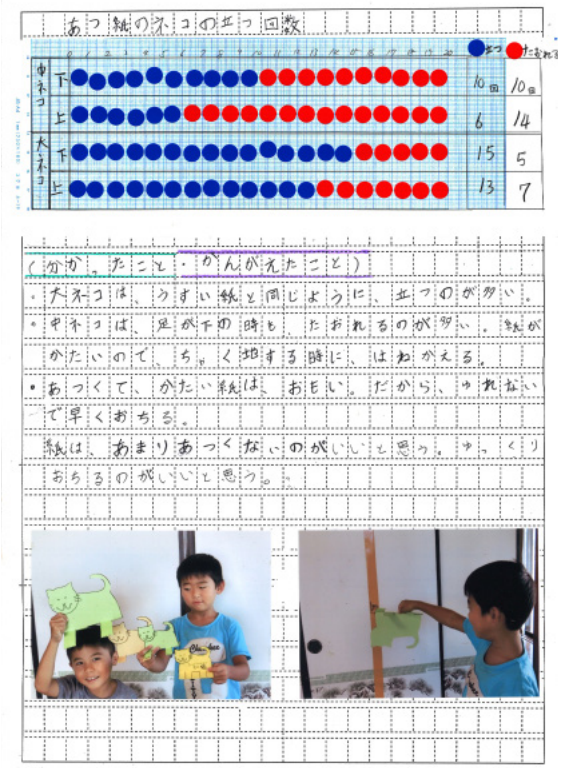
○大きくなっても体と足のバランスが、よいと思う。

何回もおとしていると、紙がまがってきて、立たなくなってきた。

それで、あつ紙でおなじ大きさのネコを作っておとしたよ。

紙のあつさが、ちがうとどうなるかな。

12



あつ紙のネコの立つ回数

		立つ	たおれる
中ネコ	下	10回	10回
	上	6	14
大ネコ	下	15	5
	上	13	7

(分かったこと・かんがえたこと)

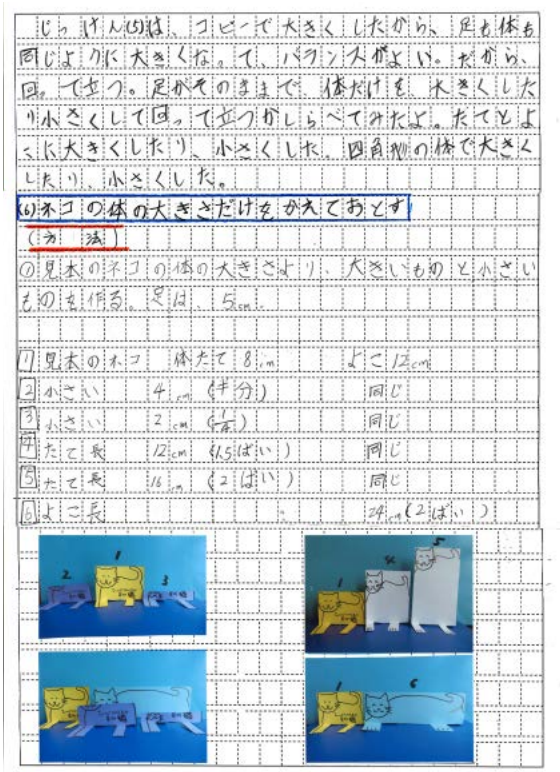
・大ネコは、うすい紙と同じように、立つのが多い。

・中ネコは、足が下の時も、たおれるのが多い。紙がかたいので、ちゃく地する時に、はねかえる。

・あつくて、かたい紙は、おもい。だから、ゆれないで早くおちる。

紙は、あまりあつくないのがいいと思う。ゆっくりおちるのがいいと思う。

13



じっけん(5)は、コピーで大きくしたから、足も体も同じように大きくなって、バランスがよい。だから、回って立つ。足がそのままで、体だけを、大きくしたり小さくして回って立つかしらべてみたよ。たてとよこに大きくしたり、小さくした。四角形の体で大きくしたり、小さくした。

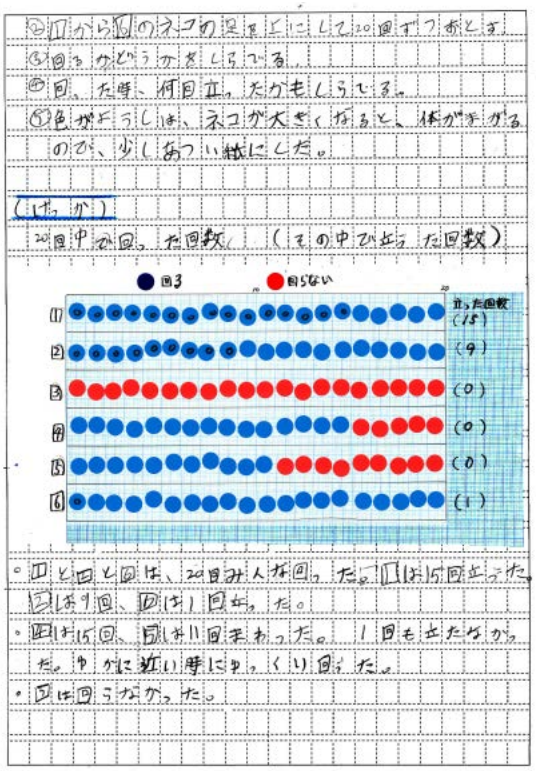
(6)ネコの体の大きさだけをかえておとす

(方法)

①見本のネコの体の大きさより、大きいものと小さいものを作る。足は、5cm。

1	見本のネコ	体たて 8cm	よこ 12cm
2	小さい	4cm (半分)	同じ
3	小さい	2cm (1/4)	同じ
4	たて長	12cm (1.5ばい)	同じ
5	たて長	16cm (2ばい)	同じ
6	よこ長		24cm (2ばい)

14



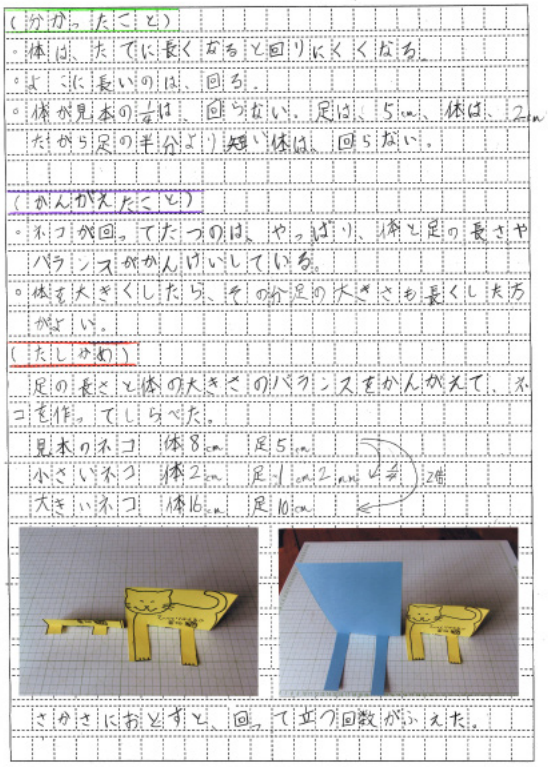
②1から6のネコの足を上にして20回ずつおとす。
③回るかどうかをしらべる。
④回、た時、何回立ったかもしらべる。
⑤色がようしは、ネコが大きくなると、体がまがるので、少しあつい紙にした。

(けっか)

20回中で回った回数 (その中で立った回数)

・1と2と6は、20回みんな回った。1は15回立った。2は9回、6は1回立った。
・4は15回、5は11回まわった。1回も立たなかった。やかに近い時にゆっくり回った。
・3は回らなかった。

15



(分かったこと)

・体は、たてに長くなると回りにくくなる。
・よこに長いのは、回る。
・体が見本の1/4は、回らない。足は、5cm、体は、2cm。たから足の半分より短い体は、回らない。

(かんがえたこと)

・ネコが回ってたつのは、やっぱり、体と足の長さやバランスがかんけいしている。
・体を大きくしたら、その分足の大きさも長くした方がよい。

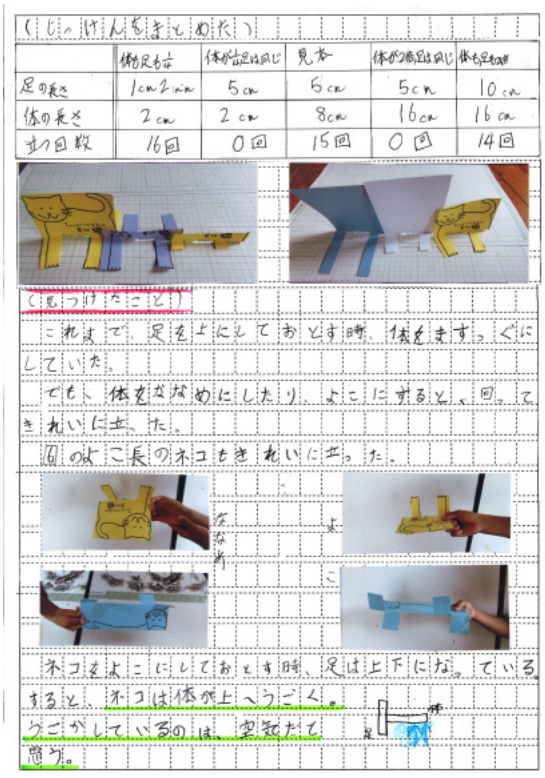
(たしかめ)

足の長さと体の大きさのバランスをかんがえて、ネコを作ってしらべた。

見本のネコ 体8cm 足5cm
小さいネコ 体2cm 足1cm2mm ← 2倍
大きいネコ 体16cm 足10cm

さかさにおとすと、回って立つ回数がふえた。

16



(じっけんをまとめた)

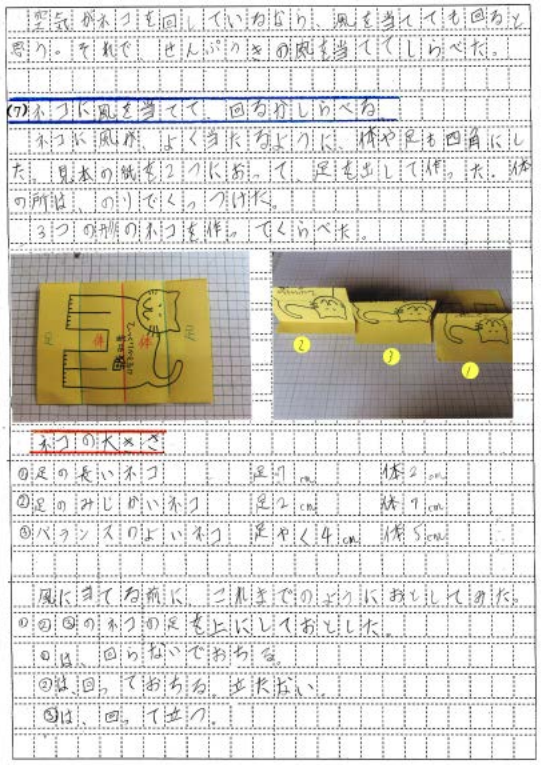
	体も足も1/4	体が1/4足は同じ	見本	体が2倍足は同じ	体も足もおなじ
足の長さ	1cm2mm	5cm	5cm	5cm	10cm
体の長さ	2cm	2cm	8cm	16cm	16cm
立つ回数	16回	0回	15回	0回	14回

(見つけたこと)

これまで、足を上にしておとす時、体をますっぐにしていた。
でも、体をななめにしたり、よこにすると、回ってきれいに立った。
6のよこ長のネコもきれいに立った。

ネコをよこにしておとす時、足は上下になっている。すると、ネコは体が上へうごく。うごかしているのは、空気だと思う。

17



空気がネコを回しているなら、風を当てても回ると思う。それで、せんぷうきの風を当ててしらべた。

(7) ネコに風を当てて、回るかしらべる

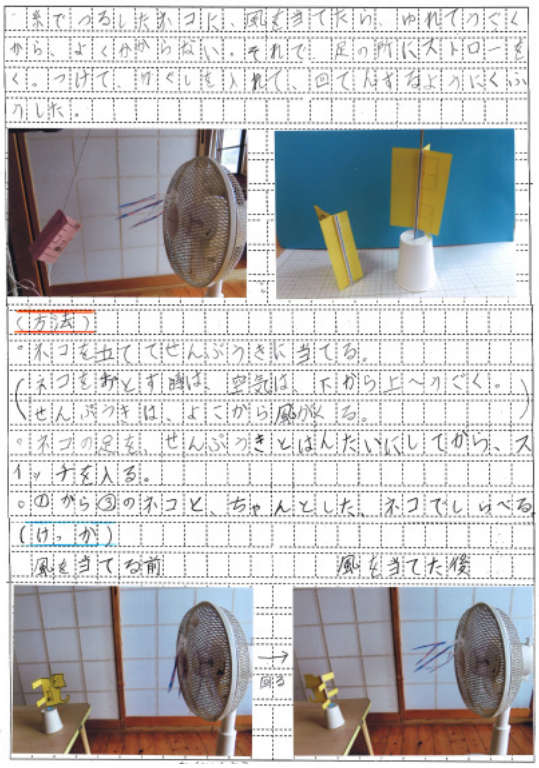
ネコに風が、よく当たるように、体や足も四角にした。見本の紙を2つにおって、足を出して作った。体の所は、のりでくっつけた。
3つの形のネコを作ってくらべた。

ネコの大きさ

①足の長いネコ 足7cm 体2cm
②足のみじかいネコ 足2cm 体7cm
③バランスのよいネコ 足やく4cm 体5cm

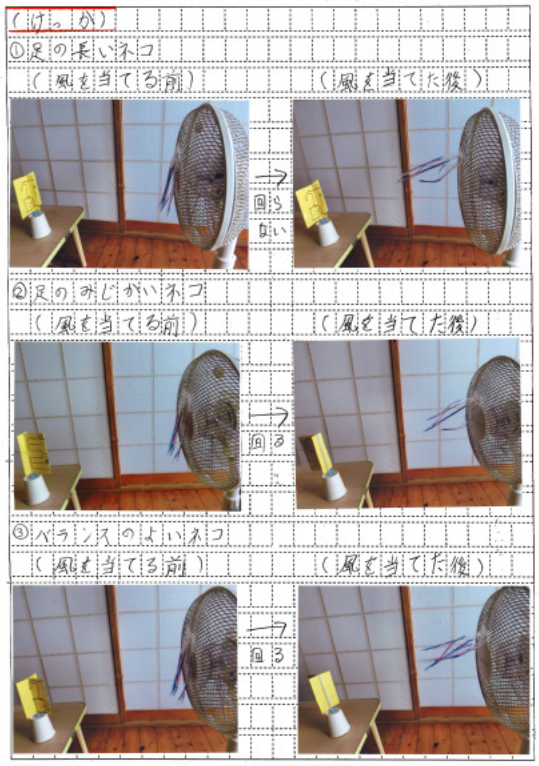
風に当てる前に、これまでのようにおとしてみた。
①②③のネコの足を上にしておとした。
①は、回らないでおちる。
②は、回っておちる。立たない。
③は、回って立つ。

18



（糸でつるしたネコに、風を当てたら、ゆれてのぐくから、よくかからない。それで、足の所にストローをく。つけて、けぐしを入れて、回てんするようにくふうした。
（方法）
・ネコを立ててせんぷうきに当てる。
（ネコをおとす時は、空気は、下から上へのぐく。せんぷうきは、よこから風がくる。）
・ネコの足を、せんぷうきとはんたいにしてから、スイッチを入る。
・①から③のネコと、ちゃんとした、ネコでしらべる
（けっか）
風を当てる前
風を当てた後
回る

19

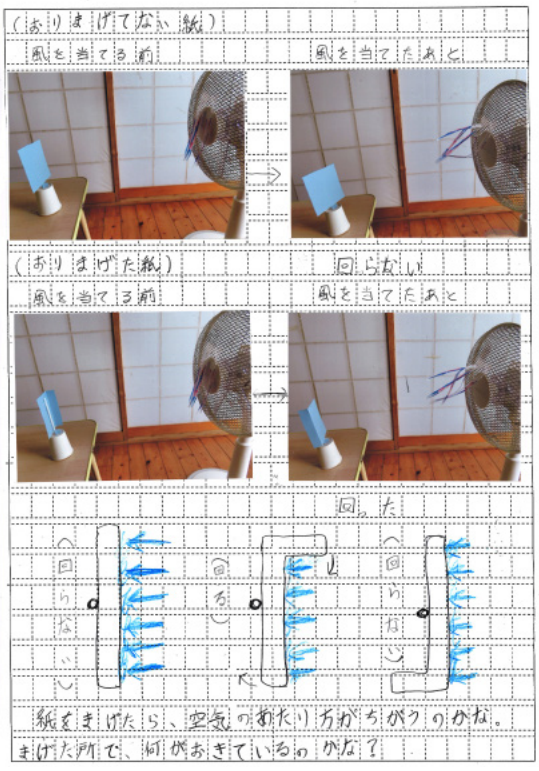


（けっか）
①足の長いネコ
（風を当てる前）
（風を当てた後）
回らない
②足のみじかいネコ
（風を当てる前）
（風を当てた後）
回る
③バランスのよいネコ
（風を当てる前）
（風を当てた後）
回る

20

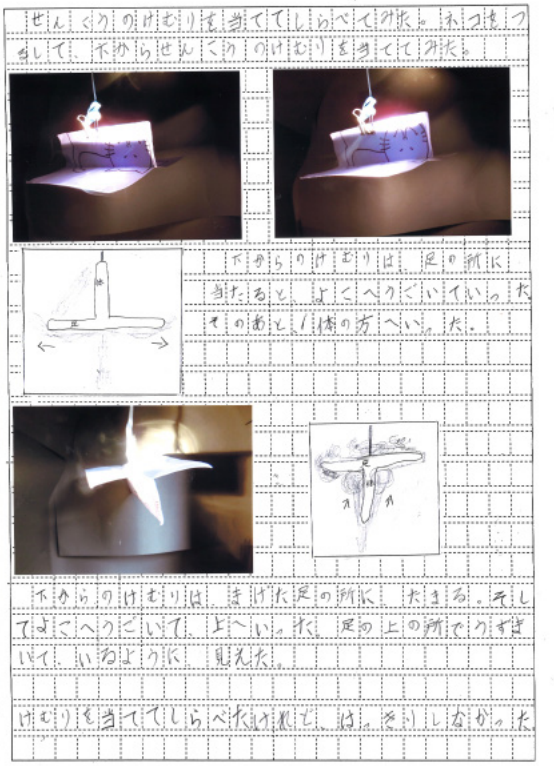
・足の長いネコは、回らなかった。
・足のみじかいネコ、バランスのよいネコ、ちゃんとしたネは、風当てると回って、足がせんぷうきの方にむいた。
（分かったこと）
・せんぷうきの風を当てたら、ぐるぐる回らないで、風がくる方へ足がむいて、そのままだった。
・ぼくたちが、ネコをさかさにしておとしたら、回って足を下にしておちるのと、おなじと思う。
（分からないこと）
・足の長いネコには、風が当たるのが多いのに、なぜまわらないのだろう。
・まわって、足が、せんぷうきにむいたら、なぜ回らなくなるのだろう。
（見つけたこと）
・1まいの紙でも、たしかめてみた。すると、風が当たってもまわらなかった。
それで、紙のはしをおりまげてから、風に当てた。すると、回った。
足をおりまげたことが、回ることに、かんけいがあると思う。

21

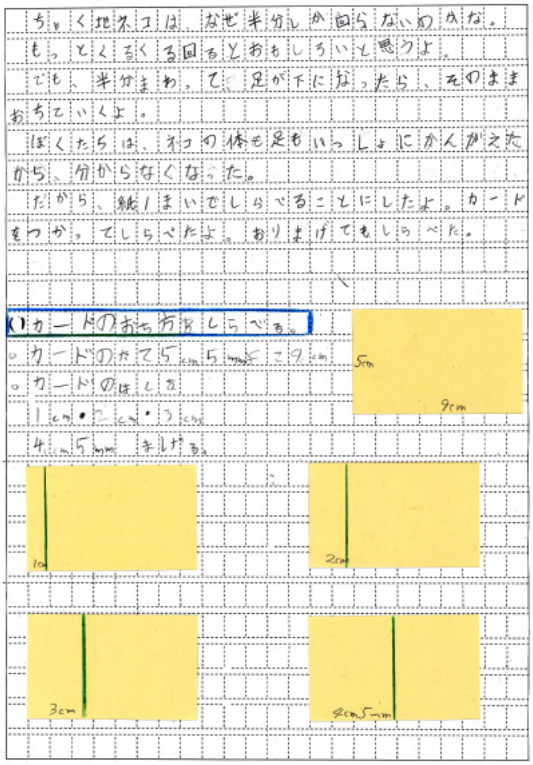


（おりまげてない紙）
風を当てる前
風を当てたあと
（おりまげた紙）
回らない
風を当てる前
風を当てたあと
回った
（回らない）
（回る）
（回らない）
紙をまげたら、空気のあたり方がちがうのかな。
まげた所で、何がおきているのかな？

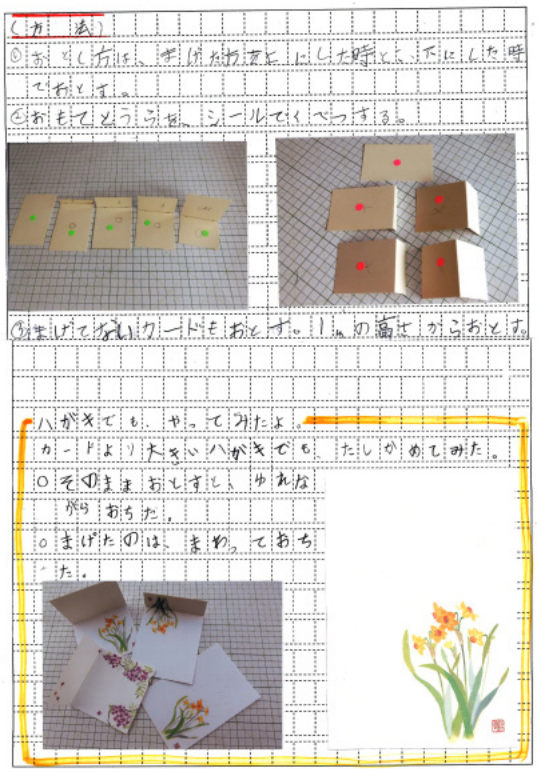
22



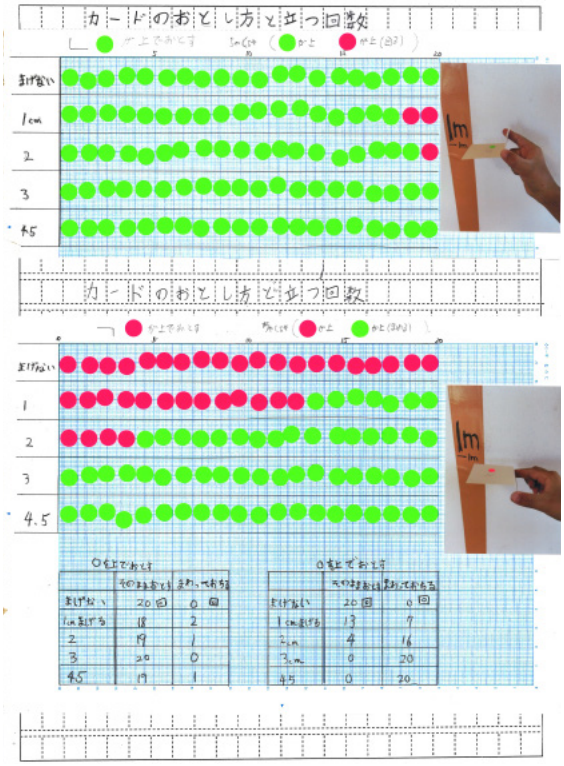
23



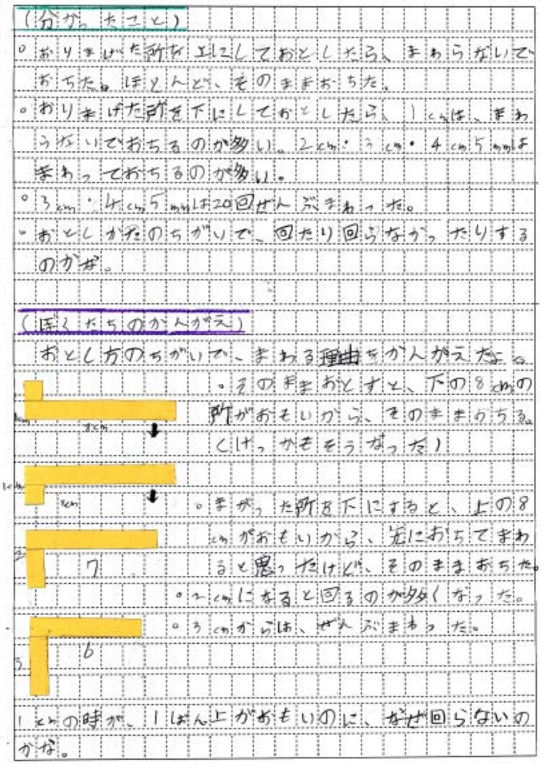
24



25



26



（分かったこと）

○おりまげた所を上にしておとしたら、まわらないでおちた。ほとんど、そのままおちた。

○おりまげた所を下にしておとしたら、1cmは、まわらないでおちるのが多い。2cm・3cm・4cm5mmはまわっておちるのが多い。

○3cm・4cm5mmは20回ぜんぶまわった。

○おとしかたのちがいで、回たり回らなかったりするのがわ。

（ぼくたちのかんがえ）

おとし方のちがいで、まわるちかんがえたよ。

○そのままおとすと、下の8cmの所がおもいから、そのままおちる。（けっかもそうなった）

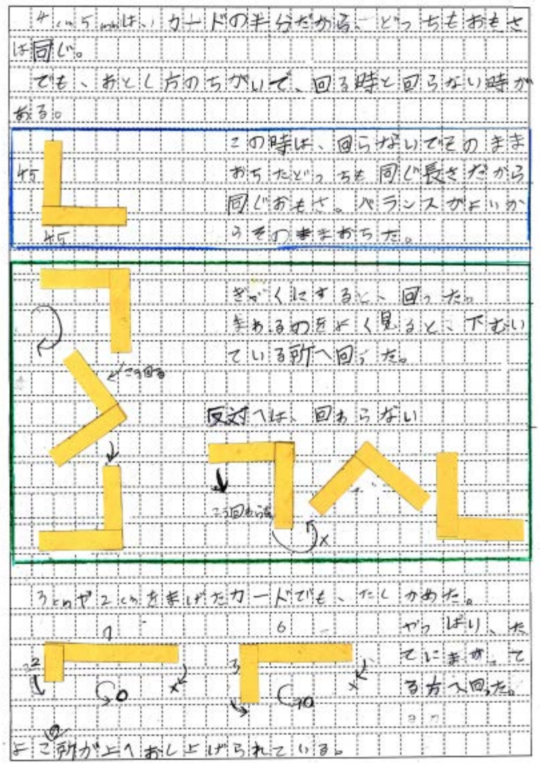
○まがった所を下にすると、上の8cmがおもいから、先におちてまわると思ったけど、そのままおちた。

○2cmになると回るのが多くなった。

○3cmからは、ぜんぶまわった。

1cmの時が、1ばん上がおもいのに、なぜ回らないのかな。

27



4cm5mmは、カードの半分だから、どっちもおもさは同じ。

でも、おとし方のちがいで、回る時と回らない時がある。

この時は、回らないでそのままおちた。どっちも同じ長さだから同じおもさ。バランスがよいからそのままおちた。

ぎゃくにすると、回った。まわるのをよく見ると、下むいている所へ回った。

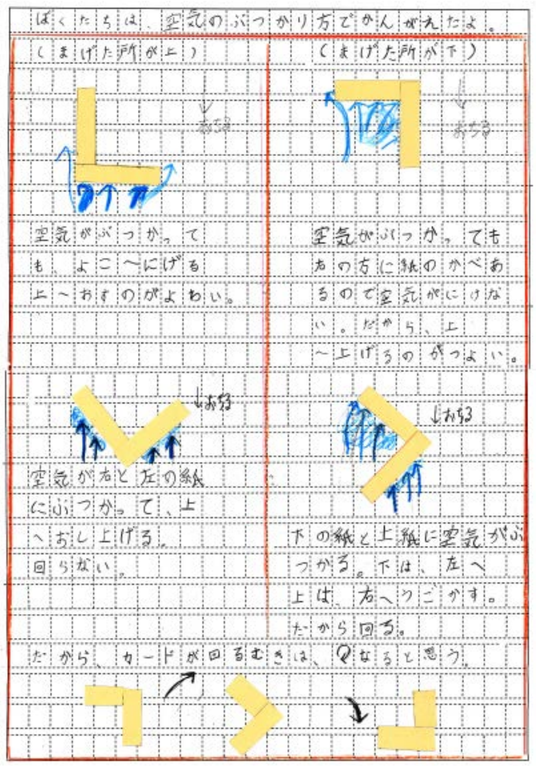
反対へは、回らない

3cmや2cmをまげたカードでも、たしかめた。

やっぱり、たてにまがってる方へ回った。

よこ所が上へおし上げられている。

28



ぼくたちは、空気のぶつかり方でかんがえたよ。

（まげた所が上）

空気がぶつかってもよこへにげる上へおすのがよわい。

空気が右と左の紙にぶつかって、上へおし上げる。回らない。

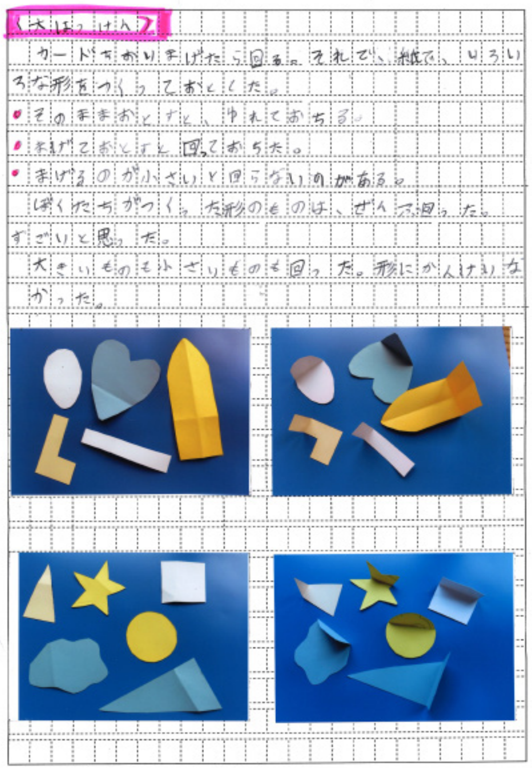
（まげた所が下）

空気がぶつかっても右の方に紙のかべあるので空気がにげない。だから、上へ上げるのがつよい。

下の紙と上紙に空気がぶつかる。下は、左へ上は、右へうごかす。たから回る。

たから、カードが回るむきは、？なると思う。

29



〈大はっけん〉

カードをおりまげたら回る。それで、紙で、いろいろな形をつくっておとした。

● そのままおとすと、ゆれておちる。

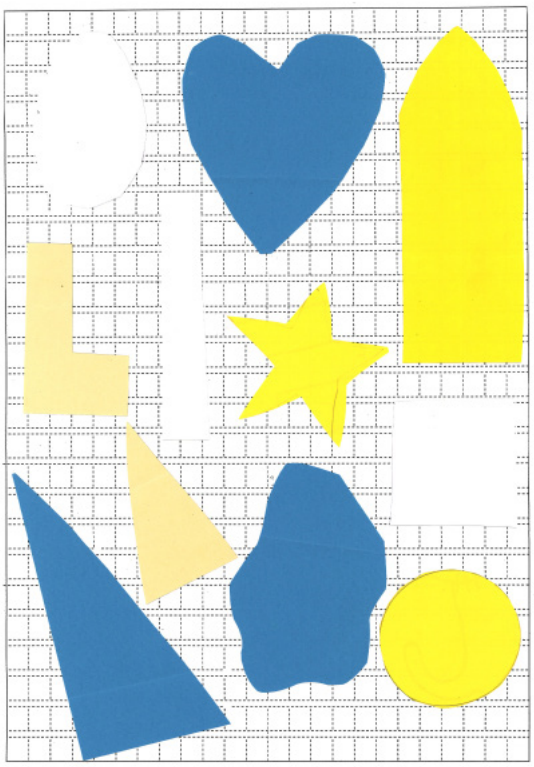
● まげておとすと回っておちた。

● まげるのが小さいと回らないのがある。

ぼくたちがつくった形のものは、ぜんぶ回った。すごいと思った。

大きいものも小さいものも回った。形にかんけいなかった。

30



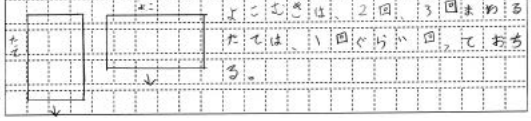
31

ぼくたちは、カードのおとし方で、回り方がちがうことを見つけた。
はげなくても、回るんかも？」と思った。
それでカードはげないでそのままおとしてみた。

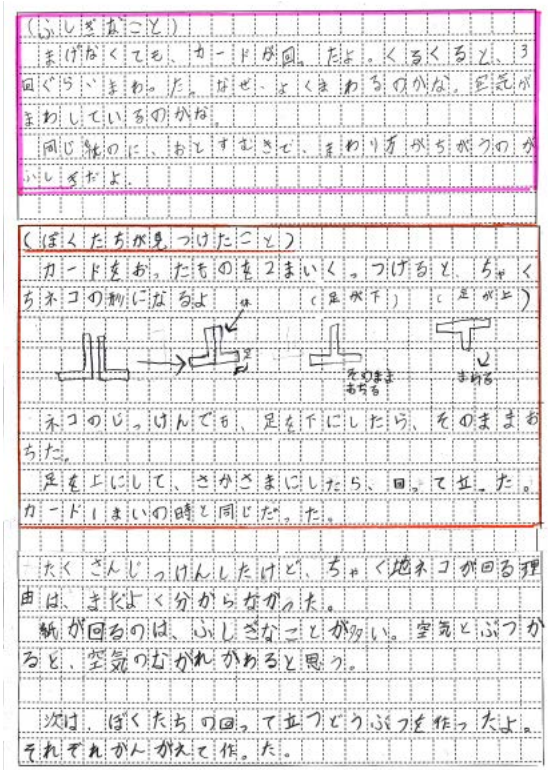
(1) カードのおとし方をかえる。
(方法)
①1まいのカードを、すいへいとすいちょくでおとす。
②カードを1mの高さからおとす。

よこ(すいへい)　たて(すいちょく)

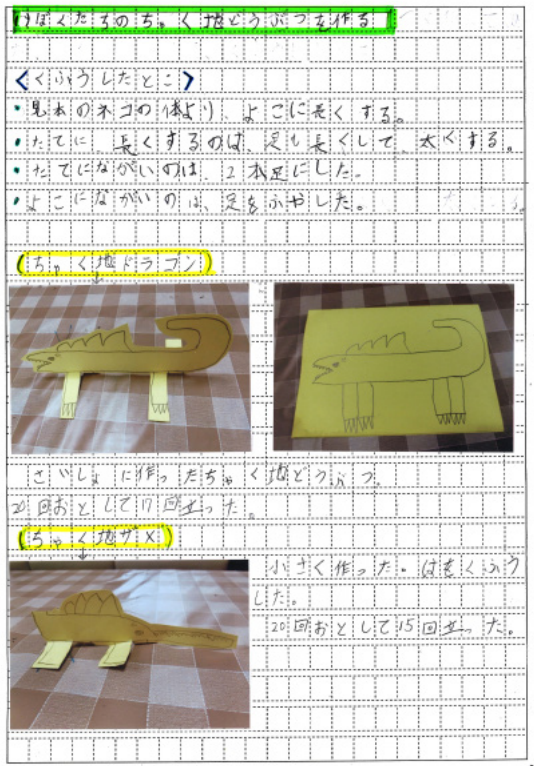
(分かったこと)
・水へいにおとすと、ゆれながらおちる。回らない
・すいちょくにおとすとくるくるまわる
・すいちょくにおとすやり方で、たてとよこでくらべたらよこむきがよく回る。



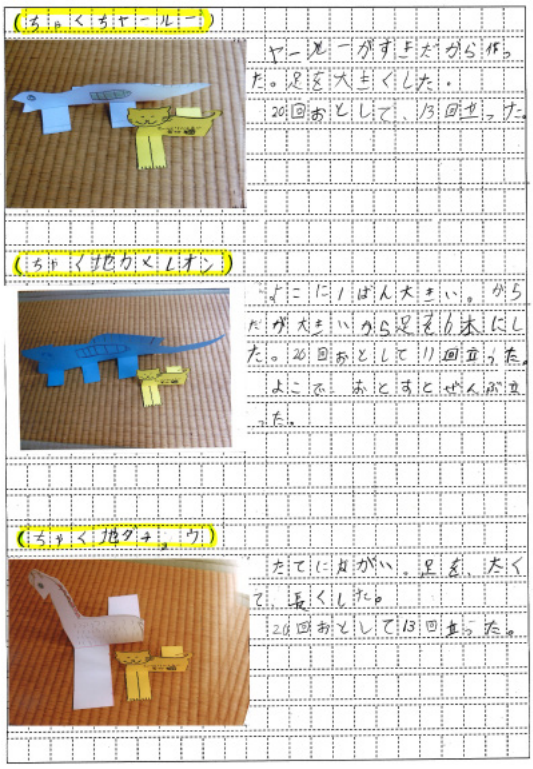
32



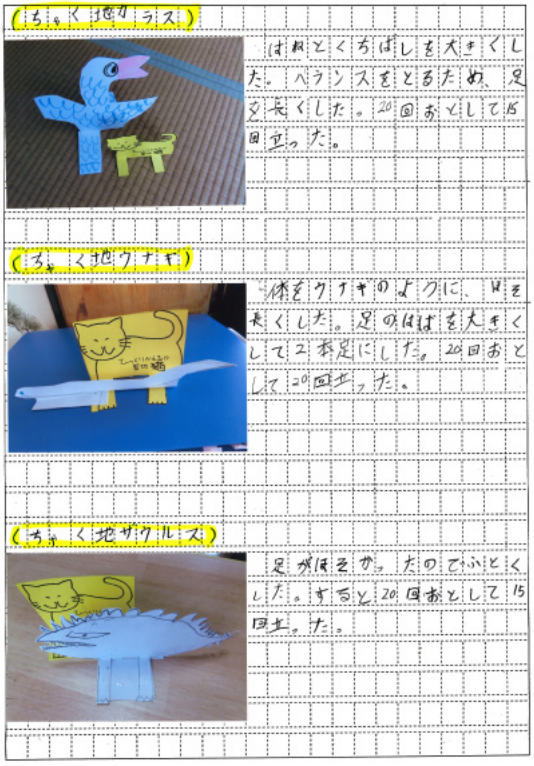
33



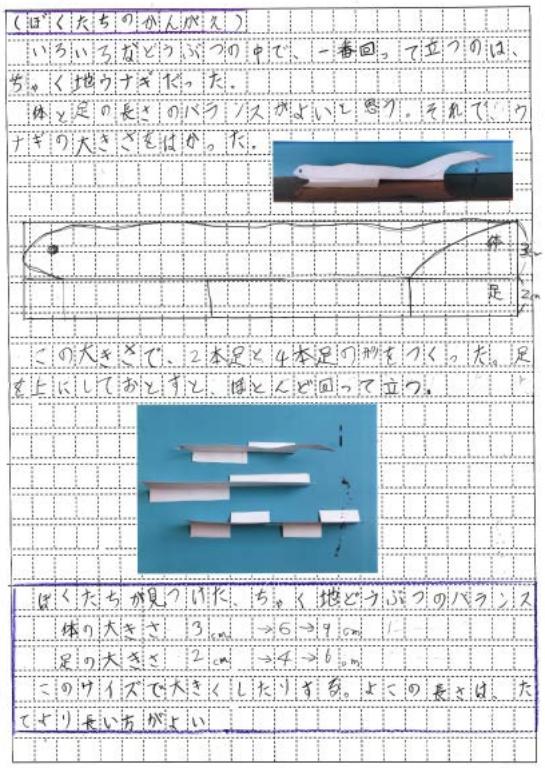
34


(ちゃくちゃールー)
ヤールーがすきだから作った。足を大きくした。
20回おとして、13回立った。
(ちゃく地カメレオン)
よこに1ばん大きい。からだが大きいから足を6本にした。20回おとして11回立った。
よこで、おとすとぜんぶ立った。
(ちゃく地ダチョウ)
たてにながい。足を、太くて、長くした。
20回おとして13回立った。

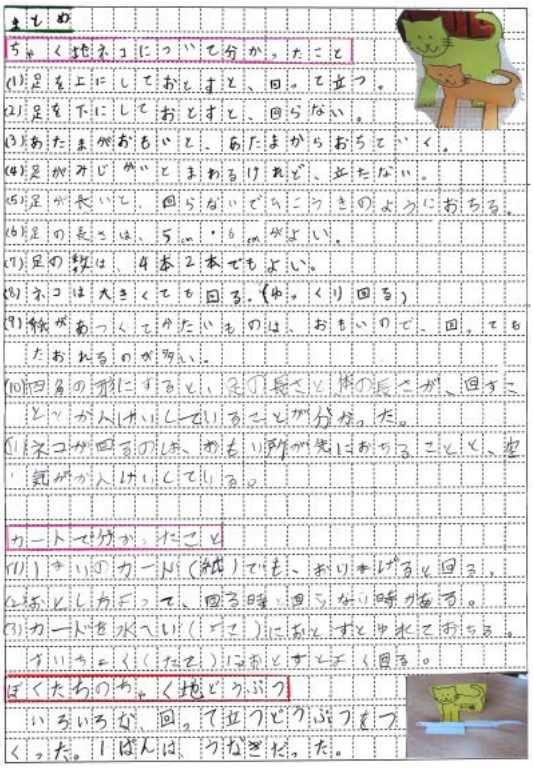
35


(ちゃく地カラス)
はねとくちばしを大きくした。ベランスをとるため、足を長くした。20回おとして15回立った。
(ちゃく地ウナギ)
体をウナギのように、はを長くした。足のはばを大きくして2本足にした。20回おとして20回立った。
(ちゃく地ザクルズ)
足がほそかったのでふとくした。すると20回おとして15回立った。

36


(ぼくたちのかんがえ)
いろいろなどうぶつの中で、一番回って立つのは、ちゃく地ウナギだった。
体と足の長さのバランスがよいと思う。それで、ウナギの大きさをはかった。
体
足
この大きさで、2本足と4本足の形をつくった。足を上にしておとすと、ほとんど回って立つ。
ぼくたちが見つけた、ちゃく地どうぶつのバランス
体の大きさ 3cm →6→9cm
足の大きさ 2cm →4→6cm
このサイズで大きくしたりする。よこの長さは、たてより長いちがよい

37


まとめ
ちゃく地ネコについて分かったこと
(1)足を上にしておとすと、回って立つ。
(2)足を下にしておとすと、回らない。
(3)あたまがおもいと、あたまからおちていく。
(4)足がみじかいとまわるけれど、立たない。
(5)足が長いと、回らないでちこうきのようにおちる。
(6)足の長さは、5cm・6cmがよい。
(7)足の数は、4本2本でもよい。
(8)ネコは大きくても回る。(ゆっくり回る)
(9)紙があつくてかたいものは、おもいので、回ってもたおれるのが多い。
(10)四角の形にすると、足の長さと体の長さが、回すことがんけいしていることが分かった。
(11)ネコが回るのは、おもい所が先におちることと、空気がかんけいしている。
カードで分かったこと
(1)1まいのカード(紙)でも、おりまげると回る。
(2)おとしかたって、回る時と回らない時がある。
(3)カードを水へい(たて)におとすとゆれておちる。
すいちょく(たて)におとすとよく回る。
ぼくたちのちゃく地どうぶつ
いろいろな、回って立つどうぶつをつくった。1ばんは、うなぎだった。

38

自ゆうけんきゅうをおえて

自ゆうけんきゅうで、ちゃく地ネコをしらべた。いろいろなネコをつくったり、おとして回るのが、とてもおもしろかったです。ちゃく地ネコがなぜ？立つのかは、さいしょよりすこしわかりました。でも、ぜんぶは、わからなかったのでざんねんでした。じ。けんに一年生のときよりきょうみがもてました。そして、空気にもきょうみがもてました。

新垣尚結

ちゃく地ネコが回てんしたのがおもしろかったです。なぜ、回てんするのかなと思いました。

回らない時と回る時があったので、ちゃく地ネコはふしぎだなと思もった。

じっけんをして、まとめる時、字をかくのがたいへんだった。

39

40

講　評

おじいちゃんに作ってもらった紙のおもちゃで遊んだことから、「どうしてそうなるのか」といった素朴な問いがきっかけとなっています。「足の部分が重いので軽いところより先に落ちる。だから回って足を下にして立つ」というところに原因があるのではないかと考え、研究に取り組みました。

「落とし方」の実験では、考えられる４種類の落とし方で、データを各５０回とっています。成功した回数、失敗した回数をシールを使って分別し、結果を見やすくする等小学２年生なりの工夫が見られます。例えば紙のネコを上向きに落とす実験を５０回行った中で、成功（うまく着地した）４６回、失敗（うまく着地しなかった）４回となっています。成功したものだけでなく、成功しなかったデータも含めて客観的に考察しているところが特にすばらしいです。つまり、行った実験データをすべて載せているということです。

どうしてこの実験をしたのかの記載が弱いところもありました。例えば着地動物の実験をどうしてこの場面で行ったのかが少しわかりにくかったです。研究成果をいかして、着地動物を作成するといった流れがスムーズだと思いました。

「どうしてなんだろう」といった事象に問いを持ち探求していこうすることは、科学的なものの見方や考え方の基本となることなので、今後も身近なことに興味を持ち、探求していくことを期待しています。

沖縄県教育長賞

第37回沖縄青少年科学作品展

チョウのしいくかんさつノート

豊見城市立伊良波小学校
2年 眞榮城 綾香

はじめに

わたしはチョウが大すきで、1年生のころは、チョウをとってかんさつしていました。
でも、しぜんかんさつかいにさんかして、先生からチョウのよう虫やたまごのついたしょく草をもらったことがきっかけでいろいろなチョウをしいくするのがたのしくなりました。
そこで、これまでにしいくかんさつしたチョウたちの記ろくをまとめてみました。

◇シロチョウ科
ツマベニチョウ　ウラナミシロチョウ　ウスキシロチョウ
モンシロチョウ　モンキチョウ　キチョウ

◇タテハチョウ科
アカタテハ　タテハモドキ　ツマグロヒョウモン

◇マダラチョウ科
オオゴマダラ　カバマダラ

◇シジミチョウ科
イワカワシジミ　◇トウワタのアブラムシたいじ大作戦

◇ルール◇

よう虫をしいくするのに、まず、家そくでいくつかのルールをきめました。

①よう虫をしいくすることは、生きもののいのちをあずかることなので大切にあつかう。

②そのためにエサかり・そうじはわすれずする。キッチンペーパーがティッシュを下にひくとそうじしやすい。

③チョウのうかはとても大切。はねがきれいにのびないと上手くとぶことができなくなって、そのチョウは生きていけなくなる。さなぎの時、土ばしょがわるければ、お母さんにうつしてもらう。

④ホウライカガミやトウワタなどのしょく草への朝の水やりは、きちんとする。

⑤しょく草には、とくがあったり、しるがつくとかぶれるものもあるので、目やロに入れないようにちゅういする。エサやり・そうじのあとには、かならず手をあらうこと。

⑥たまごや小さいよう虫はかんそうによわいので、少しきりふきでペーパーをしめらせてあげる。その時、カビをふせぐために、フタにいくつか小さなあなをあける。

⑦しいくする時は、たまごとよう虫はいっしょに入れないようにする。

⑧よう虫もおなじぐらいの大きさのものをいっしょに入れること。大きいものと小さいものをいっしょに入れると
・ともぐいがおきる。
・大きいものに小さいものがおしつぶされる。
・いじめられて、エサがとれなくなる。
・ストレスでしんでしまう。

⑨家にないしょく草は、まとめてもらってきたら、ぬらしたペーパーにつつみ、ジプロックに入れて、やさいしつでほぞんする。

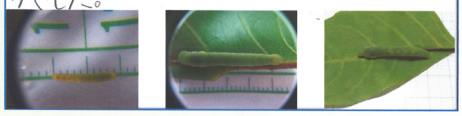
⑩うかしたチョウはできるだけ、もとの場しょにもどすこと。
(しょく草がないと、はんしょくできなくなる。)

3

3

◇ よう虫の体長のはかり方 ◇

はじめはものさしではかっていた→よう虫がうごいたりして、うまくはかれなかった。
また、ものさしがグルンと回って、小さなよう虫をおしつぶしそうになった。
そこで、ひが先生や長田先生にそうだんすると、
①ノギスをつかう方ほう
②紙をしいて、よう虫のあたまとおしりのそばにしるしをつけて、後で線をむすんではかる方ほう
③方がんようしにのせてはかる方ほう
などがあることを教えてもらいました。
そこで、工作用紙をラミネートしたよう虫用のものさしをお母さんと作ることにしました。(よう虫ものさシート)
工作用紙はメモリがついているので、よう虫をはっぱごとはかれるし、ラミネートすることで水やよごれにもつよく、かんたんにふきとれるからです。
あと、ふかしだばかりやじゃくれいよう虫の小さなよう虫は、はっぱごとデジカメでとれるので、かんたんに体長がはかることができ、とてもべんりでした。



4

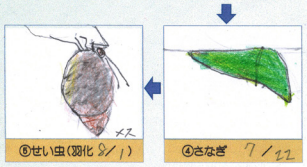
4

ツマベニチョウ

オスのとくちょう	メスのとくちょう	食草
オスは、なわばりをもち、そこをよくとんでいる。	下ばねのくろいもようがオスよりはったっている。はねの白いふぶんがクリーム色やはい色のもいる。	ギョボク(アマキ) 1つのくきから3まいのはが出ている。ようみゃくは赤むらさき。冬ははがおちる。

かんさつ記ろく (2014.6.23～8.1)

①たまご (6/23) ②よう虫 (4れい) ③ぜんよう 7/22



④さなぎ 7/22 ⑤せい虫(羽化 8/1)

メモ
ぜんようの時体のよこにあるオレンジのラインと、目玉もようがきえ黄色のラインになる。

5

5

しいくほうほう

《どこで見つけたのか》
ぎのわん市
ギョボクの木のはに、たくさんのよう虫とたまごがついていた。
そこの人にしょく草といっしょにたまごにとよう虫5ひきを分けてもらった。(2014.6.23)

《どのようにかんさつしたのか》
しょく草といっしょにプリンカップに1ぴきずつ入れて、家の中でしいく、かんさつした。
せい長するたびにようきを大きくしました。

じゅんびしたもの

・プリンカップ
・丸がたプラカップ(10cm/ふかがた)
・下にひくペーパー
・きりふき

6

6

メモ（気をつけたこと）

さいきんよう虫のたいえきとせい虫のりんぷんにはどくがあるとは、ぴょうされたのでおせわのあとには、きちんと手をあらった。
うかする時には、たいえきを出すのでへやからケースごと出して外でかんさつした。
ほうちょうする時は、ギョボクのあるもとの場しょにはなした。
よう虫のたべるは、はのりょうをしらべるために、虫くいのないきれいな形のは、はをえらびました。

かんさつして　気づいたこと

ふかしたばかりのよう虫は、うす黄色でようみゃくにそっているので、みつけにくかった。
成長するとたべるりょうもふえ、だっぴするたびに大きくなった。
よう虫は青虫タイプであたまは少し三角、ひふは、さらさらしていて、きれいからよこに目玉もようとオレンジのラインが出てくる。
はを少しかじってから、口から糸を出して台ざを作る。おしりをなでると、ゴブラのようにぐるぐるし、口からみどりのえきをじゃんぴした。しばらくしえきをひっこめた。
しゅうれいよう虫は、たくさんたべるけどぜんようになるとき、うにたべなくなる。

7

しらべてわかったこと

シロチョウ科では、せかいでも大かた。
オスはなわばりがあり、よくその場をとんでいる。メスはあまり出てこない。
よう虫は、口からえきを出してあいてにかける。そうすることで、天てきからみをまもる。

しいくしてみた　かんそう

ほかのチョウにくらべて、しいくきかんが長くかんじた。（5しゅう間）
よう虫はすごくかわいかった。でも、前足のきゅうばんは、下から見ると、けっこうきうかった。
さなぎは大きくて、きれいなみどり色だった。（たいよう）
オレンジのはねのうらがわは、このは色なのは、目だたなくするためのものと分かた。

8

7

8

◇ ツマベニチョウ ◇

2014、6、23（月）	15：10 ぎのわん市からよう虫5ひきとたまごについたしょく草をもらってきた。
	15：30 たまごふかしたてよう虫 4mm
6、26（木）	1れいよう虫 7mm
6、27（金）	1れいよう虫 9mm
6、29（日）	1回目のだっぴ（2れいよう虫）1cm2mm
7、2（水）	2れいよう虫 1cm7mm
7、3（木）	2回目のだっぴ（3れいよう虫）2cm2mm
7、4（金）	3れいよう虫 2cm3mm
7、8（木）	3回目のだっぴ（4れいよう虫）3cm5mm
7、13（日）	4回目のだっぴ（5れいよう虫）5cm

9

◇ ツマベニチョウ ◇

7、20（日）	しゅうれいよう虫 5cm5mm
7、22（火）	ぜんよう少しちぢんで、オレンジのラインがなくなって、黄色いほしもようが出る。
	さなぎ黄みどり色の大きなさなぎになった。
7、29（木）	さなぎはうす黄色になり、はねのオレンジがすけて見えてきた。
8、1（金）	うかメスだった。台風なのでほうちょうしなかった。
	ケースできゅうみつさせた。
8、2（土）	台風がそれたので、風も少しよわまったので、朝9時半にはなしてきました。

10

9

10

◇よう虫のたべるはっぱのりょうについて◇

1ぴきのツマベニのよう虫がチョウになるまでに、どれくらいのはっぱをたべるのか、記ろくしてみました。
あたえる前には、はっぱの形を紙になぞって、つぎのえさがえの時にたべのこした分をかさねてうつしとりました。

今回、しらべてみたら、26まいのギョボクのはを入れました。
でも、それを全ぶよう虫がたべたわけではありません。
小さい時は、たべるりょうもほんの少しで、たべのこしも多かったです。(みどりの部分)
1日たつと、ギョボクのはっぱは、かんそうしてちぢんでくるので、後からは、毎日はっぱをかえることにしました。

大きく成長するとともにはっぱのたべるりょうもふえていきました。(ピンクにぬられた部分)
だっぴするたびに、大きくなっているのにはびっくりしました。

とくにろれい～4れいは、大きめのはっ

11

◇よう虫のたべるはっぱのりょうについて◇

ぱを入れても、すぐになくなっていきました。
自分がのっているようみゃくのぶ分だけをのこしてたべ切っていることもあったので、いそいで、はっぱをついかしました。

今回は、ケースでのしいくでしたがもしはちうえのギョボクでしいく出来たら、またたべるはっぱのりょうもよう虫の大きさもちがってくると思う。

しぜんで生えているはっぱだと、しおれることもなくて、たぶん、よう虫にとっても、新せんでおいしいと思うので、きっとほいのはっぱをそのままどんどんたべつづけていくと思う。
つぎは、ギョボクをはちうえでそだてて、しぜんにちかいかんじで、しいくをしてみたいです。

12

11

6/23(月) 3時半ごろ
ふかしたばかりのよう虫を見つけた。
うすいきいろ　はっぱをたべる

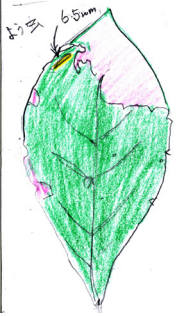
24(火) まん中をかじって
はっぱのはじにいどう

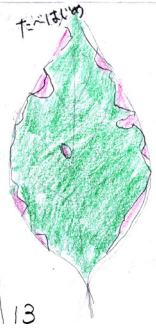
25(水)

たべた分

たべのこし

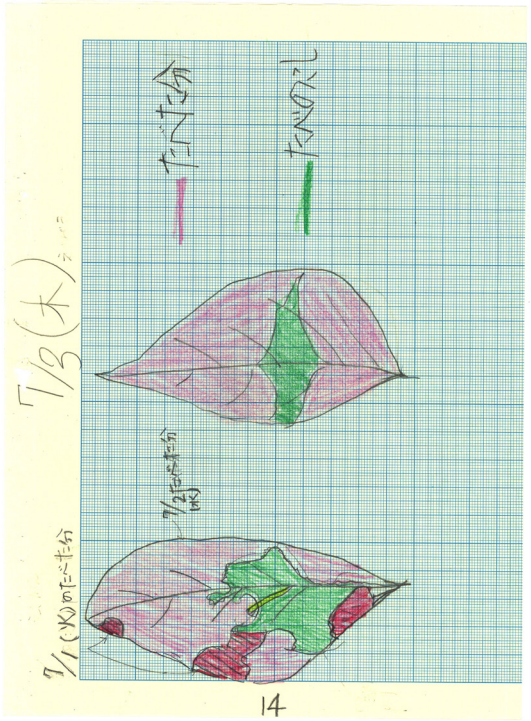
6/26(木)
3日目





6/27(金)
えさがえ
9mm(よう虫)

13



14

13

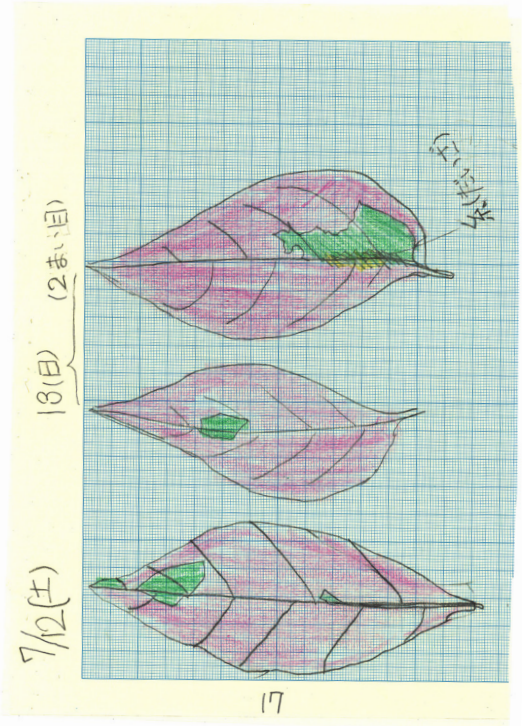
14

7/5(土)
7/6(日)
7/7(月)
7/8(火)
15

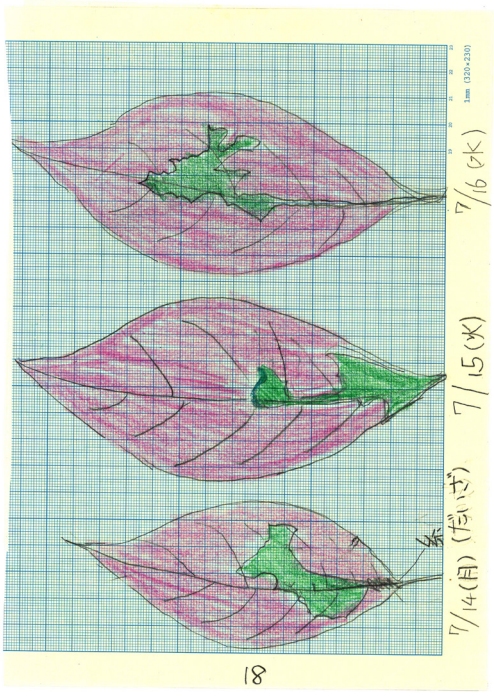
15

7/9(水)
7/10(木)
7/11(金)
16

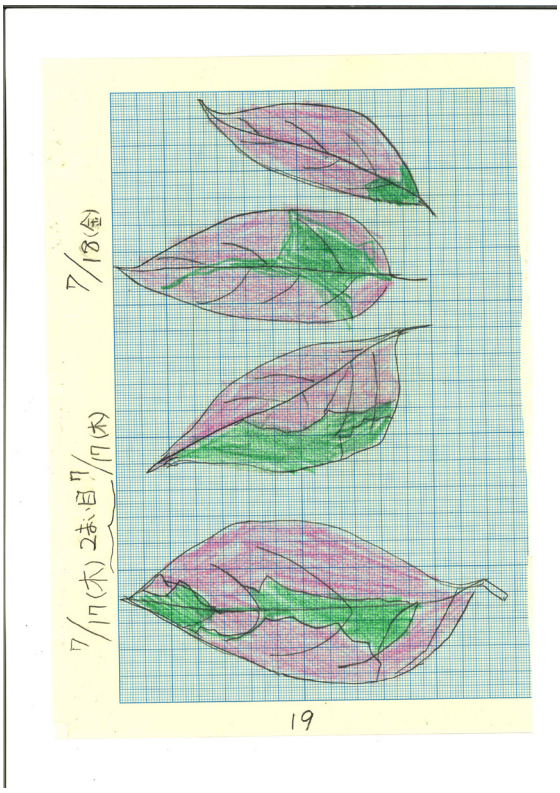
16


7/12(土)
18(日)
(2まい目)
17

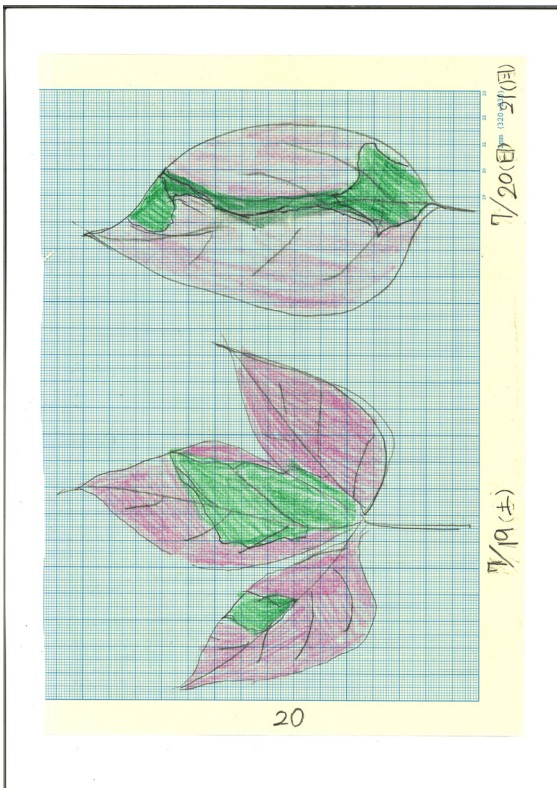
17


7/14(日)
7/15(水)
7/16(水)
18

18


7/18(金)
7/17(木) 2まい目 7/17(木)
19

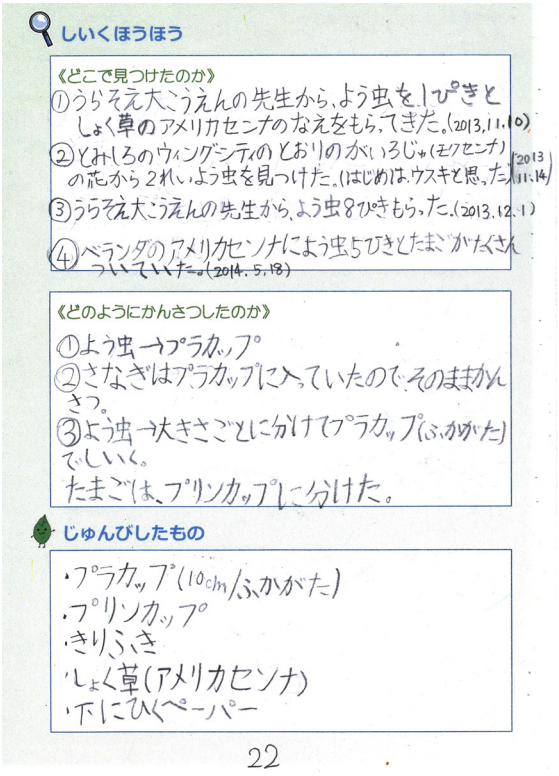
19


7/20(日)
7/19(土)
20

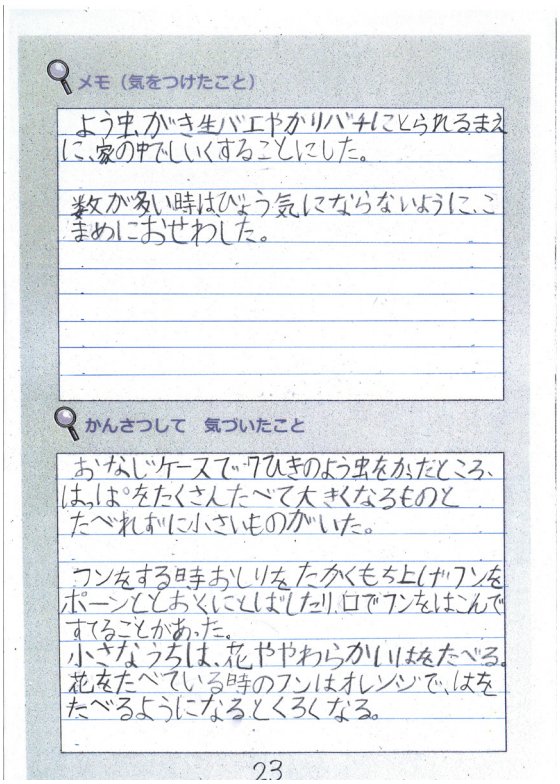
20

ウラナミシロチョウ
ギンモンがた
ギンモンがた
オスのとくちょう
メスのとくちょう
メスにくらべると、はったつしていない。
くろいぶぶんがはったつしている。
メスのほうがギンモンがはったつしている。
食草
アメリカセンナ
ハネセンナ
モクセンナ
シナガワハギ
ナンバンサイカチ
ジャワセンナ
(ピンクジャワー)
かんさつ記ろく
(2013.11.10 ～2013.12.28)
①たまご (/)
②よう虫 (4 れい)
③ぜんよう 11/14
④さなぎ 11/15
⑤せい虫(羽化 11/25)
ギンモン(♀)
メモ
4れいよう虫からのかんさつ
たまごの形は図かんから。
21

21


しいくほうほう
《どこで見つけたのか》
①うらそえ大こうえんの先生から、よう虫を1ぴきとしょく草のアメリカセンナのなえをもらってきた。(2013.11.10)
②とみしろのウィングシティのとおりのがいろじゅ(モクセンナ)の花から2れいよう虫を見つけた。(はじめは、ウスキと思った)(2013.11.14)
③うらそえ大こうえんの先生から、よう虫8ぴきもらった。(2013.12.1)
④ベランダのアメリカセンナによう虫5ぴきとたまごがたくさんついていた。(2014.5.18)
《どのようにかんさつしたのか》
①よう虫→プラカップ
②さなぎはプラカップに入っていたのでそのままかんさつ。
③よう虫→大きさごとに分けてプラカップ(ふかがた)でしいく。
たまごは、プリンカップに分けた。
じゅんびしたもの
・プラカップ(10cm/ふかがた)
・プリンカップ
・きりふき
・しょく草(アメリカセンナ)
・下にひくペーパー
22

22



メモ（気をつけたこと）

ようちゅうがき生バエやかりバチにとられるまえに、家の中でしいくすることにした。

数が多い時はびょう気にならないように、こまめにおせわした。

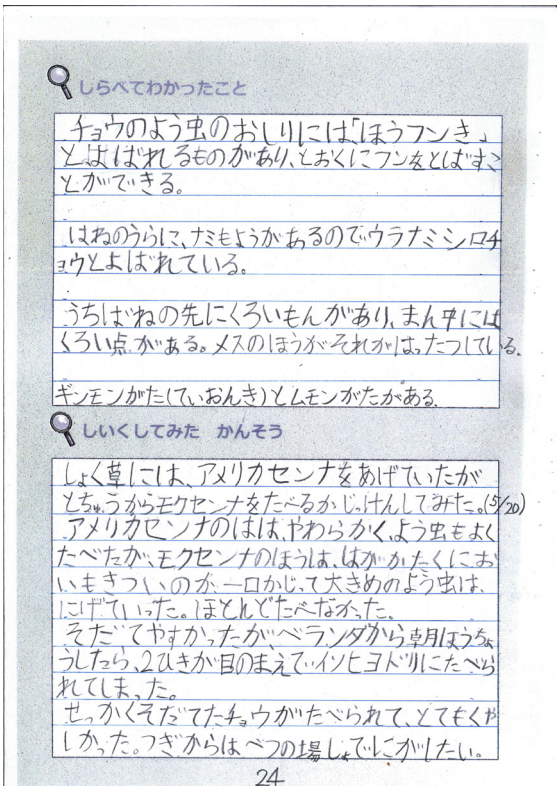
かんさつして　気づいたこと

おなじケースで7ひきのようちゅうをかったところ、はっぱをたくさんたべて大きくなるものとたべるのがすこしおそいものがいた。

フンをする時おしりをたかくもち上げフンをポーンとおくにとばしたり、口でフンをはんですることがあった。

小さなうちは、花やわらかいはをたべる。花をたべている時のフンはオレンジで、はをたべるようになるとくろくなる。

23



しらべてわかったこと

チョウのようちゅうのおしりには「ほうフンき」とよばれるものがあり、とおくにフンをとばすことができる。

はねのうらに、トゲもようがあるのでウラナミシロチョウとよばれている。

うちはねの先にくろいもんがあり、まん中にはくろい点がある。メスのほうがそれがはっきりしている。

ギンモンがた（ていおんき）とムモンがたがある。

しいくしてみた　かんそう

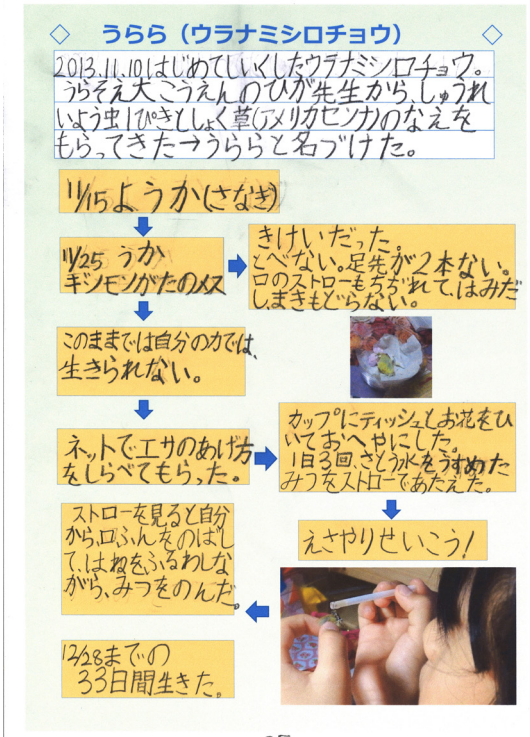
しょく草には、アメリカセンナをあげていたがとちゅうからモクセンナをたべるかじけんしてみた。(5/20)

アメリカセンナのはは、やわらかくようちゅうもよくたべたが、モクセンナのほうは、はがかたくにおいもきついのか、一口かじって大きめのようちゅうは、にげていった。ほとんどたべなかった。

そだてやすかったが、ベランダから卒月ほうちゅうしたら、2ひきか目のまえでイソヒヨドリにたべられてしまった。

せっかくそだてたチョウがたべられて、とてもくやしかった。つぎからはべつの場しょでにがしたい。

24



◇　うらら（ウラナミシロチョウ）　◇

2013.11.10はじめていくしたウラナミシロチョウ。うらそえ大こうえんのひが先生からしゅうれいよう虫1ぴきとしょく草（アメリカセンナ）のなえをもらってきた→うららと名づけた。

11/15ようか（さなぎ）

11/25 うか
ギンモンがたのメス

きけいだった。
こべない。足先が2本ない。
口のストローもちぢれてしまきもどらない。

このままでは自分の力では、生きられない。

ネットで工サのあげ方をしらべてもらった。

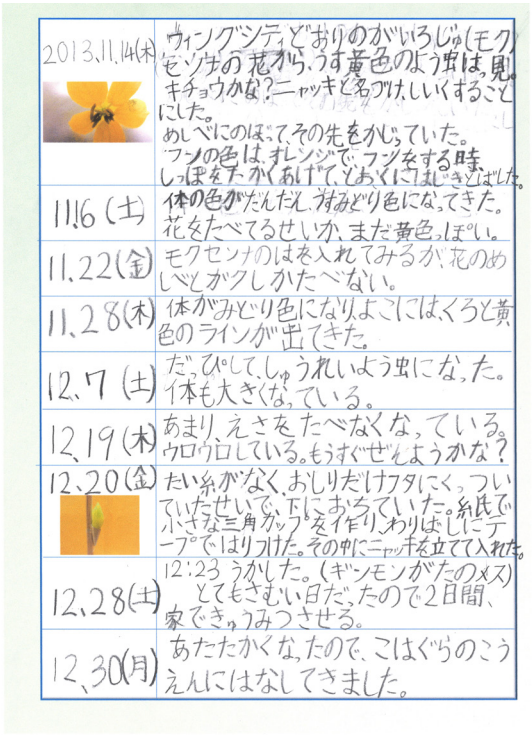
カップにティッシュとお花をひいてお へやにした。
1日3回、さとう水をうすめたみつをストローであたえた。

ストローを見ると自分から口ふんをのばしてはねをふるわしながら、みつをのんだ。

えさやりせいこう！

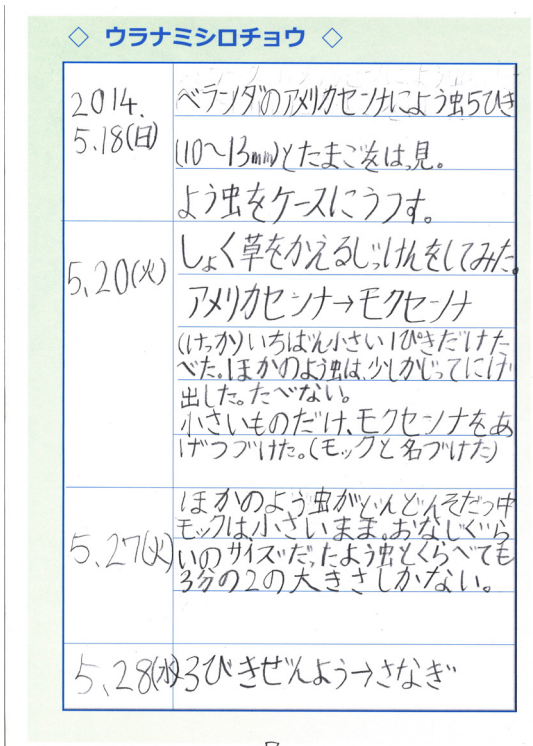
12/28までの
33日間生きた。

25



2013.11.14(木)	ウィングシティどおりのがいろじゅ（モクセンナの花から、うす黄色のよう虫は見。キチョウかな？ニャッキと名づけしいくすることにした。
11.6（土）	めしべにのぼってその先をかじっていた。フンの色はオレンジでフンをする時しっぽをたかくあげておくにとばしていた。
11.22(金)	体の色がだんだんみどり色になってきた。花をたべてるせいか、また黄色っぽい。
11.28(木)	モクセンナのはを入れてみるが、花のめしべとがくしかたべない。
12.7（土）	体がみどり色になりよこにはくろと黄色のラインが出てきた。
12.19(木)	だっぴして、しゅうれいよう虫になった。体も大きくなっている。
12.20(金)	あまりえさをたべなくなっている。ウロウロしている。もうすぐせんようかな？
12.28(土)	たい糸がなくおしりだけフタにくっついていたせいで、下におちていた。糸代でかさな三角カップをイモリわりばしにテープではりつけた。そのやにニャッキを立てて入れた。12:23うかした。（ギンモンがたのメス）とてもさむい日だったので2日間、家でにゅうみつさせる。
12.30(月)	あたたかくなったので、こはぐらのこうえんにはなしてきました。

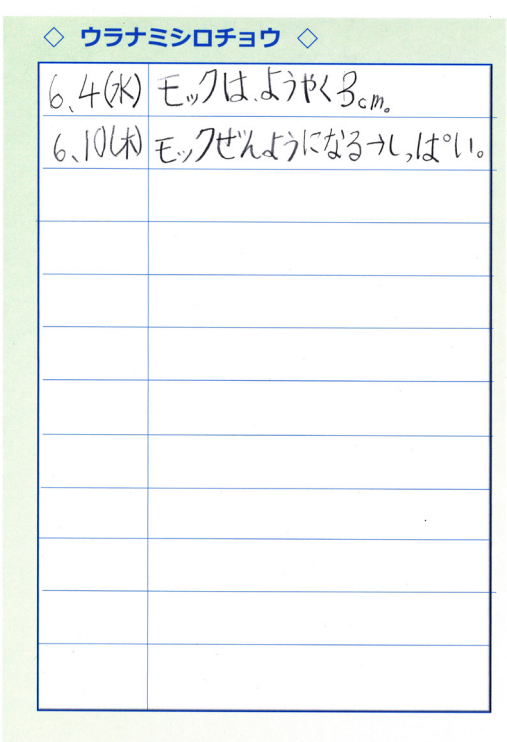
26



◇ ウラナミシロチョウ ◇

2014. 5.18(日)	ベランダのアメリカセンナによう虫5ひき (10〜13mm)とたまごをは見。 よう虫をケースにうつす。
5.20(火)	しょく草をかえるじっけんをしてみた。 アメリカセンナ→モクセンナ (けっか)いちばん小さい1ぴきだけたべた。ほかのよう虫は、少しかじってにげ出した。たべない。 小さいものだけ、モクセンナをあげつづけた。(モックと名づけた)
5.27(火)	ほかのよう虫がどんどんそだつ中モックは小さいまま。おなじぐらいのサイズだ。たよう虫とくらべても3分の2の大きさしかない。
5.28(水)	3ぴきぜんよう→さなぎ

27



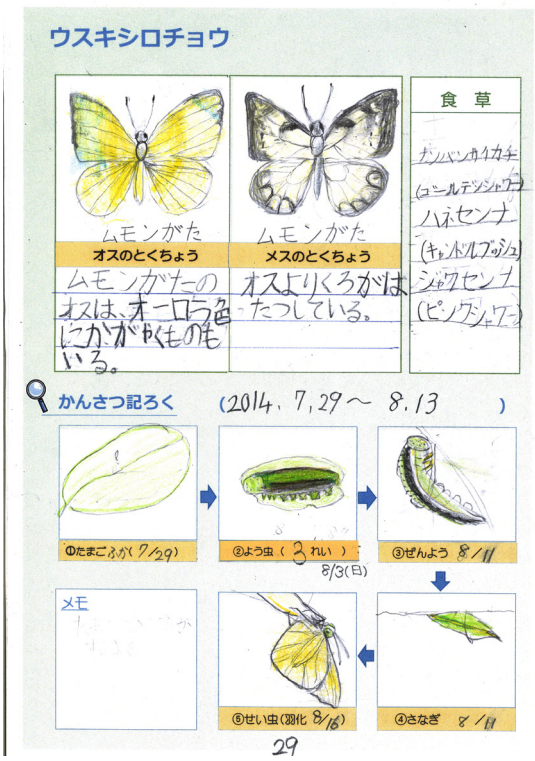
◇ ウラナミシロチョウ ◇

6.4(水)	モックは、ようやく3cm。
6.10(木)	モックぜんようになる→しっぱい。

28

27

28



ウスキシロチョウ

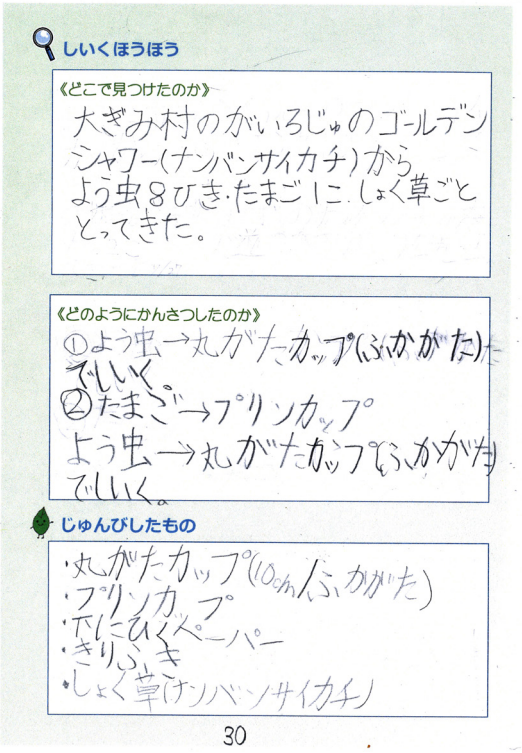
ムモンがた オスのとくちょう	ムモンがた メスのとくちょう	食草
ムモンがたのオスは、オーロラ色にかがやくものもいる。	オスよりくろがはたっしている。	ナンバンサイカチ (ゴールデンシャワー) ハネセンナ (キャンドルブッシュ) シャクセンナ (ピンクシャワー)

かんさつ記ろく (2014. 7.29〜 8.13)

①たまごふか(7/29)
②よう虫(3れい) 8/3(日)
③ぜんよう 8/11
④さなぎ 8/11
⑤せい虫(羽化 8/16)

メモ

29



しいくほうほう

《どこで見つけたのか》
大ぎみ村のがいろじゅのゴールデンシャワー(ナンバンサイカチ)から
よう虫8ひき・たまご1こ、しょく草ごととってきた。

《どのようにかんさつしたのか》
①よう虫→丸がたカップ(ふかがた)でしいく。
②たまご→プリンカップ
よう虫→丸がたカップ(ふかがた)でしいく。

じゅんびしたもの
・丸がたカップ(10cm/ふかがた)
・プリンカップ
・下にひくペーパー
・きりふき
・しょく草(ナンバンサイカチ)

30

29

30

メモ（気をつけたこと）

・たまごはかんそうさせないようにした。
・チンバソサイカチは家にないので、さがして、まとめてやさいしつに入れた。
でも、長く入れると、しおれるので、だから、あまりたくさんとらずに、なくなったら、またとりに行くようにした。

かんさつして　気づいたこと

よう虫の体の色は、マッ茶色（にごった黄みどり）で、ウラナミシロチョウにくらべて、よこのくろいラインが太い。
さなぎは、たいようで、ウラナミよりもとんがっている。
1つのケースにたくさんのよう虫を入れてしいくすると、よくケンカして、あまり大きくそだたないままさなぎになり、ちょうも小さく生まれてしまう。
生まれてきたのはムモンがたのオス4ひき・メス3ひきでした。

31

しらべてわかったこと

ムモンがたは、そこの土場にすんでいるがギンモンがたは、いどうするタイプのものが多い。
ギンモンがたの中には、赤いはんがたもいる。

しいくしてみた　かんそう

うかしたちょうは、はねの色がきれいなレモン色をしていた。
メスは、クリーム色にくろのもようがはっきりしている。
まんこうえんからとってきたものは、ぜんようでしっぱいしてしまいましたが、よく見るとウラナミシロチョウでした。

32

31

32

◇ ウスキシロチョウ ◇

2014、7、24(日)	大きみ村のがいろじゅのナンバンサイカチ（ゴールデンシャワー）からよう虫8ひき、たまごにとしょく草をとってきた。 いちばん大きなよう虫の長さは、5cm5mmだった。
7、29(火)	たまごからふかした。 うす黄色で、よこのくろいラインが見えにくい。
8、1(金)	いちばん大きいものが前よりふとくなる。 29日にふかしたよう虫は、うすみどり色になった。 ほかの7ひきもよくたべるので、体長が4cm3mm～5cm4mmになっていた。
8、2(土)	きのうの前ようすなぎになった。
8、3(日)	おなじケースに入った3ひきが前よう、夜にはさなぎになっていた。 1ぴきだけ、茶色だった。 （ほかの2ひきはみどり色） ほかのよう虫も大きくなってきた。 デジカメでとると、くろのラインが青いラメのようにひかっていた。 きれいだった。 ふかしたよう虫は、2cmになった。

33

◇ ウスキシロチョウ ◇

8、4(月)	2ひきが前よう、さなぎになった。 ふかしたよう虫は、白いラインが出てきた。
8、5(火)	のこりのよう虫2ひきがさなぎになった。
8、7(木)	さいしょのちょうがうかした。 ムモンがたのオスだった。 よう虫はくろのラインが太くなってきた。
8、8(金)	6:45 3このさなぎがすけて、中のはねのもようが見えてきた。 メス1ぴきにオス2ひきでした。 茶色のさなぎはオスのようだ。 そして、この3ひきが昼までにうかした。 今日は、かみなり・大雨なので、家できゅうみつさせた。
8、9(土)	今日も、2ひき（オス・メス）がうかしたので、きのうの3ひきといっしょにはなしに行った。
8、10(日)	2ひきのさなぎがうか（2つともメスだった） さいごのよう虫が前ようになった。

34

◇ ウスキシロチョウ ◇

8、11(火)	さなぎになっていた。
8、16(土)	夜おそくかえるとうかしていた。オスだった。
8、17(日)	はなしに行きました。

35

モンシロチョウ

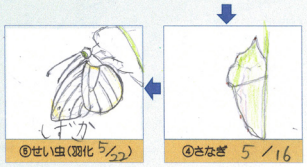
オスのとくちょう	メスのとくちょう
人の目で見かけるとはもっかしい。し外線で見るとオスはくろっぽい。	メスはし外線をはんしゃするので、白っぽく見える。

食草
キャベツ、ダイコンなどのアブラナ科

かんさつ記ろく (2014.5.9 ～ 5.22)

①たまご (5/9) ②よう虫(3れい) ③ぜんよう 5/16

メモ
たまごと2れいよう虫からのかんさつ。
たまごはかえらなかった。



⑤せい虫(羽化 5/22) ④さなぎ 5/16

36

35

しいくほうほう

《どこで見つけたのか》
いらは小学校のさいえんでキャベツについていた。よう虫2ひきとたまごに。
(2014.5.9)

《どのようにかんさつしたのか》
・たまごにモンと名づけた。
・3れいよう虫にシロ、2れいよう虫にしずかと名つけた。
それぞれケースに入れてしつないでかった。

じゅんびしたもの

・プリンカップ(たまごよう)
・丸がたプラカップ(10cm/あさがた)
・下にひくペーパー
・きりふき
・むのうやくのキャベツのは

37

メモ(気をつけたこと)

・えさのキャベツは、スーパーでかったものだとのうやくが少しかかっているかもしれないのでむのうやくで、虫がかじったあとがあるキャベツを今に入れた。

かんさつして 気づいたこと

よう虫は、小さくて、すべすべして、色はみどり色でかわいかった。
キャベツのはをたべている時のフンはうすみどり色で、しんのぶぶんをたべた時のフンは、白っぽい。
さなぎは、たいよう。
うかした時、オスかメスか分からなかったはずモン(たまご)は、ふかしなかった。
シロは、さなぎになって、すぐしろが出て、茶色くなった。外で、きせいされていたと思う。
何にき生されてるのかたしかめたかったので、そのままにした。でも、それごとしんでいた。

38

37

しらべてわかったこと

・ちょうとうしは、し外線で、オス・メスを見分けている。
メスのはねには、し外線をはんしゃするくふうがされている。
モンシロチョウのすきな花の色は、黄色ともむらさき。赤い花には、あまり来ない。
たまごへちょうになるまで、2しゅうかんぐらい。
あつすぎると、小さいせい虫になったり、しんだりする。気おんがひくいと、成長がおそくなる。
モンキチョウは4れいがしゅうれい。

しいくしてみた　かんそう

よう虫もさなぎもきれいなみどり色で、ほかのちょうにくらべて、小さくて、かわいかった。
しずかを学校の花えんにはなした時、すぐ、ほかのちょうがのってきて、さっぴしたので、その時、しずかがメスだと分かってうれしかった。
オスだったらしずおだったかも。

39

◇ モンシロチョウ ◇

2014、5、9(金)	学校のさいえんで、キャベツについていたよう虫2ひきとたまごにさもってきた。
	たまご→モン
	よう虫には、シロとしずかと名つけた。
	シロ　2cm5mm
	しずか　1cm3mm
5、12(月)	シロ　3cm2mm
	ぜんよう、さなぎになる。
	たまごは、かえらなかった。
5、15(木)	シロ、さなぎが茶色くなって
	よこからしろが出ている(きせいバエ)
5、16(金)	しずか　2cm8mm
	ぜんよう、さなぎになる。
5、22(木)	しずかうか
	ぎょうみつさせてしいく。
5、24(土)	学校にはなした。

40

39

40

モンキチョウ

オスのとくちょう

はねが黄色。

メスのとくちょう

はねが白。
※たまに黄色いメスもいる。

食草

コメツブウマゴヤシ
シロツメクサ
などのまめ科
シナガワハギ

かんさつ記ろく　(2014.5.22～6.11)

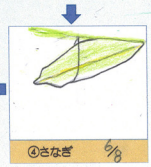
①たまご　5/22

②よう虫(4れい)

③ぜんよう　6/7

メモ

⑤せい虫(羽化　6/11)



④さなぎ　6/8

41

しいくほうほう

《どこで見つけたのか》

①いらはしの花だんのそばのシロツメクサにさんらんしていた。(2014.5.19)

②家のちかくの空地にあるシナガワハギでしょれいよう虫を見つけた
(さいしょは何のよう虫か分からなかった)

《どのようにかんさつしたのか》

①たまごはしく草ごとプリンカップでしいく、かんさうした。

②しく草ごと丸がたカップに入れてしいく、かんさつした。

じゅんびしたもの

・プリンカップ
・丸がたカップ(10cm/あさがた)
・下にひくペーパー
・きりふき
・しく草(シナガワハギ)

42

41

42

メモ（気をつけたこと）

・たまごは、しょく草ごとケースに入れる時、かんそうしないように、下のペーパーをきりふきでしめらせた。

しんせんなえさをあたえる。

かんさつして　気づいたこと

よう虫は、モンシロチョウよりも、すきとおったあさやかなみどりできれいだった。
黄色のラインに赤とくろの点がならんでいた。
うまれたのは黄色いちょうでした。

ウラナミシロチョウのぎゃくもんがたを小さくしたかんじで、あたまとしょっかくのふぶぶんがピンク色できれいでした。

クローバーのようみゃくにそっているので、小さい時は、見つけにくかった。

43

しらべてわかったこと

・オスメスのちがい
・モンキチョウはシロチョウ科になる。

しいくしてみた　かんそう

しょく草のシロツメクサ(クローバー)やシナガワハギは、どこにでもあるので、しいくしやすかったです。

44

43

44

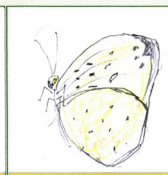
◇ モンキチョウ ◇

2014、5、19(月)	学校のシロツメクサ(クローバー)に、さんらんしていたので、はっぱごともろかえりカップに入れた。
5、22(木)	ふか、体長2mm とても小さくてようみゃくの色ににているので、見つけにくい。
5、25(日)	4mm あたまがくろく、白黄みどりがかっている。
5、29(木)	7mm いきなり大きくなったかんじ。黄色っぽさが少しとれた。
6、2(月)	1cm2mm あたまが黄みどり色で、ウスキシロチョウのよう虫とにている。
6、4(水)	2cm5mm ものすごいいきおいでえさをたべている。
6、6(金)	3cm5mm 黄色のラインにピンクとくろい点のもようがある。
6、7(土)	ぜんよう。
6、8(日)	さなぎになった。
6、11(水)	うか しょう日とあたまがピンクだった。15:43 黄色だったのでオス。

45

キチョウ

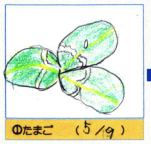
オスのとくちょう
黄色がつよい。



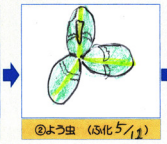
メスのとくちょう
あわい黄色。

食草
ネムノキ
ハギるい
などのマメ科のしょくぶつ。

かんさつ記ろく　（2014、5、9～6、2）



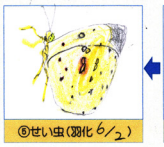
①たまご　（5/9）



②よう虫（ふ化 5/11）

③ぜんよう　5/27

メモ
5/13 よう虫3mm



⑤せい虫（羽化 6/2）

④さなぎ　5/27

45

46

しいくほうほう

《どこで見つけたのか》

いらは小学校のさいえんよこのクローバーにさんらんしていたのを見つけた。
たまごにをもちかえった。
(2014.5.9)

《どのようにかんさつしたのか》

ふかしたよう虫の色がきれいなみどり色をしていたのでキーウィと名づけた。
プラカップでしいくした。

じゅんびしたもの

・ふたがたプラカップ(9cm/おさがた)
・木にひくペーパー
・きりふき
・クローバー(シロツメクサ)

47

メモ（気をつけたこと）

しょく草をかんそうさせないようにすること。
しんせんなしょく草をあげること。

かんさつして　気づいたこと

よう虫はエメラルドグリーンでとてもかわいかった。
さなぎはたいよう。
成虫は外ばねに茶色の細かいもようがあった。

48

しらべてわかったこと

キタキチョウ、ミナミキチョウ、タイワンキチョウがいる。
夏がたははねのくろふちがはたっしている。
オスとメスの見分け方がむずかしい。

しいくしてみた　かんそう

たまごからうかまで3しゅうかんぐらい。
こんかいしいくしたのはキチョウのオスだったので、メスをしいくしてみたいです。

49

◇ キチョウ ◇

2014、5、9(金)	学校のさいえんよこのクローバーにさんらんしていたのをもちかえった。
5、12(月)	ふかしきれいなみどり色のよう虫。キーウィと名づけた。
5、13(火)	3mm
5、26(月)	2cm 7mm えさをたべなくなた
5、27(火)	7:31 ぜんよう 18:12さなぎ
6、2(火)	9:27 うか 黄色かったのでオス

50

アカタテハ

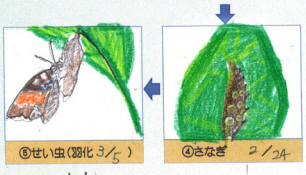
オスのとくちょう	メスのとくちょう
見た目ではくべつがつきにくい。	メスはおなかが大い。
オスはなわばりがもう。	よこから見たらなめにきれいでる。

食草
カラムシ

かんさつ記ろく　（2013. 2. 22 ～ 3. 5）

①たまご（　／　）　②よう虫（5れい）　③ぜんよう 2013 2／24

メモ
5れいよう虫からのかんさつ、たまごの形は、ずかんから。



⑤せい虫（羽化 3／5）　④さなぎ　2／24

51

しいくほうほう

《どこで見つけたのか》

①なは市しきなの道ばたのカラムシから1ひき
②うらそえ市のこうえんからさなぎ1ひきとよう虫3ひき
③国がみ村へんとなからよう虫4ひき。2013年3/22
④とみしろ市ワごうバイパスぞいのカラムシよう虫7ひきをとってきた。

《どのようにかんさつしたのか》

す(カラムシ)ごと、てきたのを水を入れたヨーグルトの小ビンにさした。
よう虫がおぼれないように口をアルミホイルでつつんだ。
これをケースに入れてしないでかんさつした。

じゅんびしたもの

・しいくケース(多い時は、はっぽうスチロールで作ったしいくだなをつかった。)
・アルミホイル
・ヨーグルトの小ビン
・下にしくペーパー
・しょく草(カラムシ)

52

51

52

メモ（気をつけたこと）

しょく草のカラムシは、たべるだけでなく、すとしてもつかうので、しんせんなものがひつよう。

かんさつして　気づいたこと

は、はっぽのりょうはしな口から出した糸で、たてにきれいにはりあわせてすを作っていた。
すを出て、べつのはをたべたり、時にはじぶんのすをたべてしまうものもいた。

53

しらべてわかったこと

アカタテハは、秋から春にかけてよく見られる。
オスは、なわばりをもち、ほかの虫が入ってくると、おいはらう。

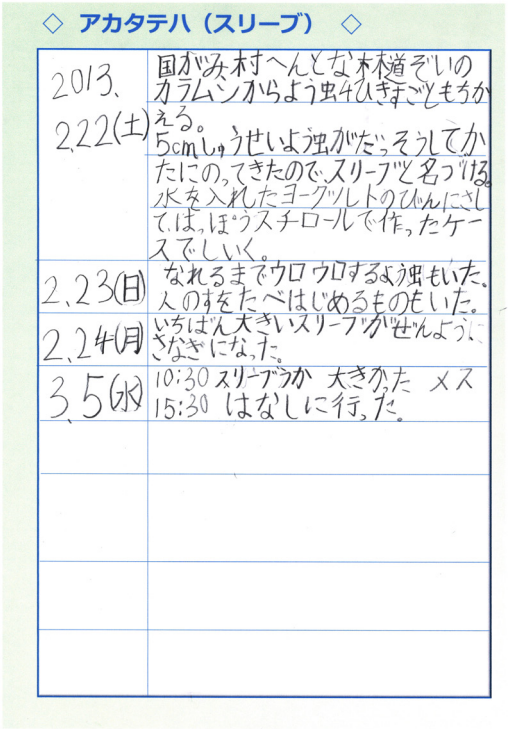
しいくしてみた　かんそう

よう虫は、くろにクリーム色のもも虫タイプでさすことはない。
さなぎは、すいようで、こげ茶色のとげとげした体にれく金色にひかるもようがある。とてもきれいだった。
しょく草のカラムシは見つけやすくとてもしいくしやすいチョウだと思った。

54

53

54



◇ アカタテハ（スリーブ） ◇

2013、2.22(土)	国がみ村へんとな林道ぞいのカラムシからよう虫4ひきすごともちかえる。5cmしゅうせいよう虫がだっそうしてかたにのってきたので、スリーブと名づける。水を入れたヨーグルトのびんにさしてはっぽうスチロールで作ったケースでしいく。
2.23(日)	なれるまでウロウロするよう虫もいた。人のすをたべはじめるものもいた。
2.24(月)	いちばん大きいスリーブがぜんようにさなぎになった。
3.5(水)	10:30 スリーブうか 大きかった メス 15:30 はなしに行った。

55

タテハモドキ

見た目ではオスとメスのくべつがつかない。

食草
イワダレソウ
オオバコ
ヤナギバルイラソウ

かんさつ記ろく （2014.8.13～8.27）

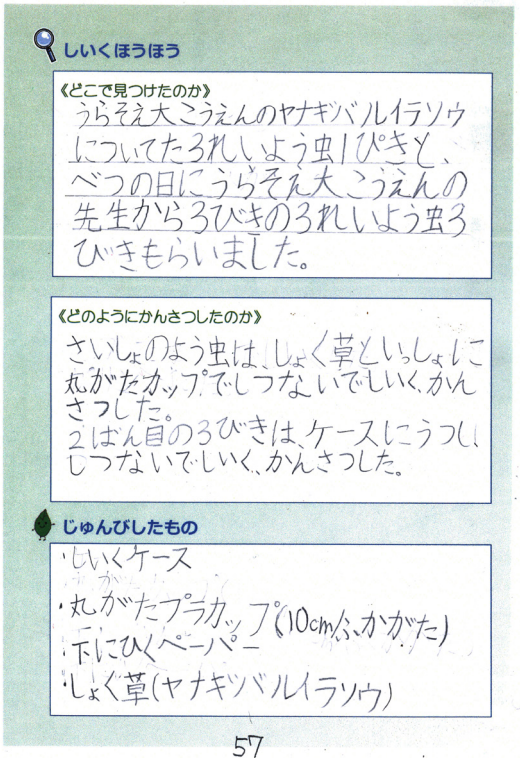
①たまご（ / ）
②よう虫（4れい）
③ぜんよう 8/22
④さなぎ 8/22
⑤せい虫（羽化 8/27）

メモ
3れいよう虫からのかんさつ。
たまごの形は、ずかんからしらべました。

56

55

56



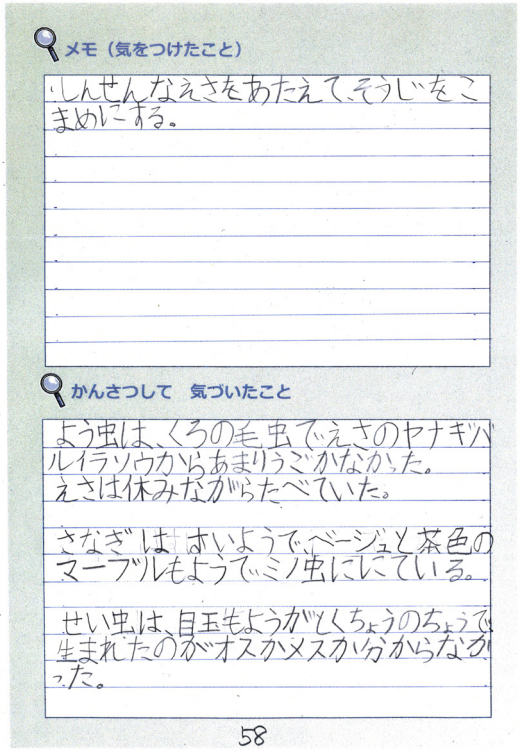
しいくほうほう

《どこで見つけたのか》
うらそえ大こうえんのヤナギバルイラソウについてたろれいよう虫1ぴきと、べつの日にうらそえ大こうえんの先生から3びきの3れいよう虫3びきもらいました。

《どのようにかんさつしたのか》
さいしょのよう虫は、しょく草といっしょに丸がたカップでしつないでしいく、かんさつした。
2ばん目の3びきは、ケースにうつし、しつないでしいく、かんさつした。

じゅんびしたもの
・しいくケース
・丸がたプラカップ（10cm/ふかがた）
・下にひくペーパー
・しょく草（ヤナギバルイラソウ）

57



メモ（気をつけたこと）

・しんせんなえさをあたえて、そうじをこまめにする。

かんさつして 気づいたこと

よう虫は、くろの毛虫でえさのヤナギバルイラソウからあまりうごかなかった。
えさは休みながらたべていた。

さなぎは、おいようで、ベージュと茶色のマーブルもようでミノ虫ににている。

せい虫は、目玉もようがとくちょうのちょうで生まれたのがオスかメスか分からなかった。

58

57

58

しらべてわかったこと

・よう虫はも虫タイプだがさすことはない。
・見た目では、オスメスのくべつがつかない。
・沖縄では、よく見かけるが、本しまではあまりいないめずらしいちょうなので、ずかんにもあまりのっていない。
・春～夏にそだつ〈夏がた〉と秋～冬に生まれる〈秋がた〉がある。
〈夏がた〉はねのうらに目玉もようがある。
〈秋がた〉はねのうらの目玉もようがきえて、かれはもようになり、形もこのはのようにとがってくる。・メスはたまごを1000こもっているといわれる。

しいくしてみた　かんそう

今まで夏がたしかしいくしてないので、つぎは秋がたをしいくしてうかさせてみたいです。

59

◇ タテハモドキ ◇

2014、7、11(金)	うらそえ大こうえんのヤナギバルイラソウにうれいよう虫がいた。ひか先生からもらった。
7、12(土)	ヤナギバルイラソウは家のちかくに生えているので、2日にいかいあたえた。
7、21(月)	ぜんよう。そして、さなぎ(くみの虫みたい)になった。
7、27(日)	夕方、家にかえると、うかしていた。
7、28(月)	朝、ベランダからはなした。
8、13(水)	うらそえ大こうえんのひか先生から3れいよう虫ろひきをもらった。3cmほどのよう虫がどんどん大きくなって5cmくらいになった。
8、22(金)	2ひきがさなぎになった。

60

59

60

◇ タテハモドキ ◇

8、23(土)	1ぴきがぜんようになる
8、24(日)	1ひきがさなぎになる
8、27(水)	1ぴき目が夕方うか

61

ツマグロヒョウモン

オスのとくちょう

くろいヒョウモンがある。

メスのとくちょう

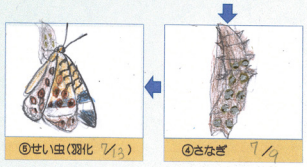
カバマダラにぎたいしている。くろいヒョウモンが目じるし。

食草

リュウキュウスズシロソウ
ビオラ
パンジー

かんさつ記ろく　(2014、6、23～7、13)

メモ
4れいよう虫からのかんさつ。
たまごの形は、ずかんから。



62

61

62

しいくほうほう

《どこで見つけたのか》

北中土成村わかまつこうえんの
ちゅう車場で4れいしよう虫1ぴき
見つけた。(2014.6.23)

《どのようにかんさつしたのか》

しょく草といっしょに丸がたカップ
に入れて、しつないでしいく、かんさ
つした。

じゅんびしたもの

・丸がたプラカップ(10cm)ふ、かがみ
・下にひくペーパー
・しょく草(リュウキュウコスミレ)

63

63

メモ（気をつけたこと）

・しんせんなえさと、そうじは1日1かいは、
かならずする。

かんさつして　気づいたこと

よう虫は、くろにオレンジのラインが入った
毛虫タイプ。
えさをたべてねむるをくりかえして、しゅう
れいの時には、6cmになっていた。
さなぎはすいようで、色はこげ茶色。
あたまがツノがていて、ミミズクみたい。
体に、10この丸いスワロフスキーのような
ものが金色にひかっていた。
うかしたのはメスだった。
外はねのもようが本とうにヒョウがら
だった。

64

64

しらべてわかったこと

さなぎの丸いビーズのひかりが
(金→メス)(ぎん→オス)と、書いてあり、
わたしのしいくしていたものは全だったの
で、メスが生まれてくるのがたのしみでした。
しょく草をさがして長いきょりをいどうする。

しいくしてみた　かんそう

夏のあつい時に見つけたので、しょく
草のリュウキュウコスミレは、花がさい
ていないので、はっぱだけをまがかり
に、さがすのは、たいへんだった。
ホームセンターに行って、ビオラやパン
ジーもさがしたが、なかった。
どうにか、リュウキュウコスミレをさが
し、半分はえさに半分は、プランターに
うえた。
しょく草は、かならずじゅんびしてから
いくしたほうがあわてなくてすむ。

65

65

◇ ツマグロヒョウモン ◇

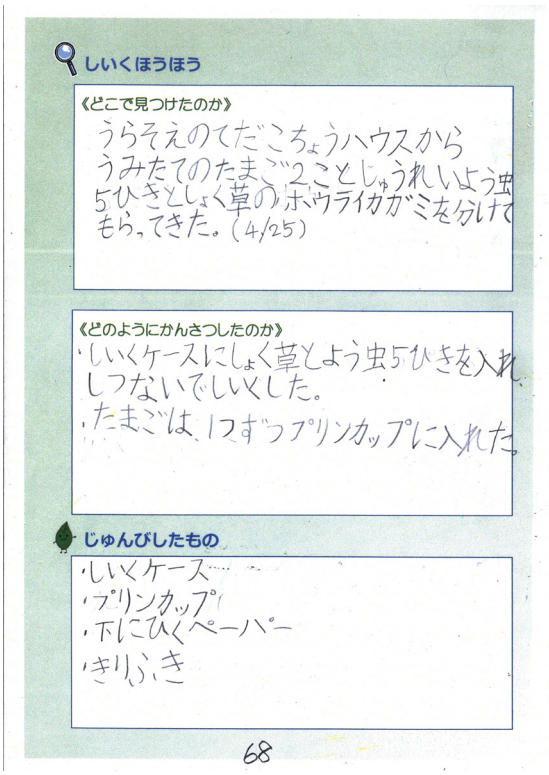
2014、6.23(月)	夕方、北中土成のわかまつこうえんのちゅう車場で、3cmのよう虫を見つけた。
6.24(火)	しょく草のリュウキュウコスミレをさがしに行った。小さいもの7かぶしかなかった。
7.2(水)	リュウコスミレ(かぶは、は4～5まい)をたべる。
7.3(木)	体長4cm5mm すごいしょくよくで1日に2かぶもたべる
7.7(月)	体長6cmになった。
7.8(火)	ぜんよう
7.9(水)	17:32 さなぎ→茶色のトゲトゲでアカタテハのさなぎににている。ダイヤみたいなかどりがついている。
7.13(日)	8:56 さなぎがまっくろになった。 19:07 うかした(メスだった)
7.14(月)	朝、と校前にはなしました。

66

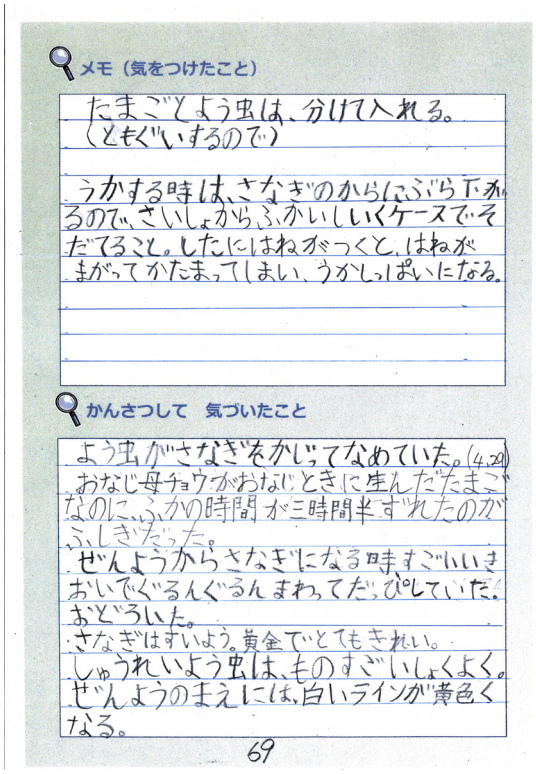
66

オオゴマダラ
食草
ホウライカガミ
オスのとくちょう
オスだけにヘアペンシルがある。
メスのとくちょう
オスにくらべておなかが少し太め。
かんさつ記ろく
(2014. 4. 25～ 6. 5)
①たまご (4/25)
ふか 5/1
②よう虫 (5 れい)
③ぜんよう 5/26
④さなぎ 5/27
⑤せい虫(羽化6/5)
メモ
67

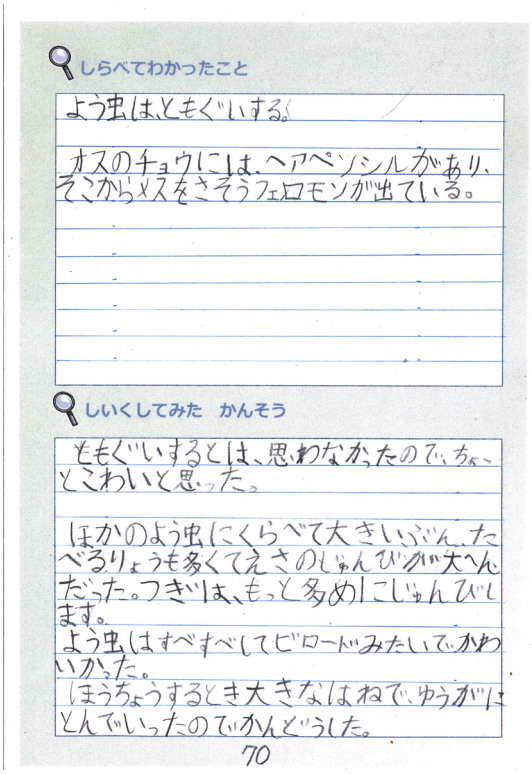
67


しいくほうほう
《どこで見つけたのか》
うらそえのてだこちょうハウスから
うみたてのたまご2ことじゅうれいよう虫
5ひきとしょく草のホウライカガミを分けて
もらってきた。(4/25)
《どのようにかんさつしたのか》
・しいくケースにしょく草とよう虫5ひきを入れ
しつないでしいくした。
・たまごは、1つずつプリンカップに入れた。
じゅんびしたもの
・しいくケース
・プリンカップ
・下にひくペーパー
・きりふき
68

68


メモ（気をつけたこと）
たまごとよう虫は、分けて入れる。
（ともぐいするので）
うかする時は、さなぎのからにぶら下がるので、さいしょからふかいしいくケースでそだてること。したにはねがつくと、はねがまがってかたまってしまい、うかしっぱいになる。
かんさつして　気づいたこと
よう虫がさなぎをかじってなめていた。(4.29)
おなじ母チョウがおなじときに生んだたまごなのに、ふかの時間が三時間半ずれたのがふしぎだった。
・ぜんようからさなぎになる時すごいいきおいでぐるんぐるんまわってだっぴしていた。おどろいた。
・さなぎはすいよう。黄金でとてもきれい。
しゅうれいよう虫は、ものすごいしょくよく。
ぜんようのまえには、白いラインが黄色くなる。
69

69


しらべてわかったこと
よう虫は、ともぐいする。
オスのチョウには、ヘアペンシルがあり、そこからメスをさそうフェロモンが出ている。
しいくしてみた　かんそう
ともぐいするとは、思わなかったので、ちょっとこわいと思った。
ほかのよう虫にくらべて大きいぶん、たべるりょうも多くてえさのじゅんびが大へんだった。つぎは、もっと多めにじゅんびします。
よう虫はすべすべしてビロードみたいでかわいかった。
ほうちょうするとき大きなはねで、ゆうがにとんでいったのでかんどうした。
70

70

◇ オオゴマダラ ◇

2014、4、25(金)	てだこチョウハウスでしゅうれいよう虫らびきとしょく草(ホウライカガミ)をわけてもらう。おなじケースでいく。体長 5cm～6cm
4、28(月)	1ぴきが前よう→さなぎになる。
4、29(火)	1ぴきのよう虫がさなぎをかじってそこから出たしるをすっていた。
4、30(水)	3びき前よう→2ひきさなぎになる。前ようからさなぎになるシーンをビデオで見た。グルングルンしてすごかった。
5、1(木)	1ぴきがさなぎになった。
5、2(金)	のこりの1ぴきが前ようになった。
5、3(土)	さいごの1つもさなぎになり、5ひきともぜんぶさなぎになった。
5、9(金)	5このさなぎをてだこチョウハウスにもどしにいった。

71

71

◇ オオゴマダラ ◇ (ダラー/セサミン)

2014、4、25(金)	てだこチョウでしょく草に目の前でさんらんしたばかりのたまご2こをもらった。セサミン、ダラーと名づけた。
4、30(水)	たまの先がピンク色になっている。
5、1(木)	たまご先がくろくなり、少しずつうごいた。 12:00 さいしょにダラーがふかした。 15:34 セサミンもふかした。 2ひきともふかすると自分のたまごのカラをたべはじめた。4mm ダラー 体の色はうす茶色で、しょ、角はみじかく角っぽい。
5、2(金)	ダラー 体長 7mm セサミン 5mm くろに白のしまもようが出てきた。 でも、しっぽの先はまだうす茶色で、しょ、角もまだ小さい。

72

72

◇ オオゴマダラ (ダラー/セサミン) ◇

2014、5、3(土)	ダラー 体長 8mm セサミン 体長 5mm はっぱに1cmぐらいのれい穴をあけてたべていた。 きのうのうす茶色のぶ分がなくなってくろくなっていた。
5、6(火)	ダラー 1cm1mm セサミン 7mm しょ、角もピンとのびてきて、赤いもようも2こ出てきた。
5、9(金)	ダラー 1cm8mm セサミン 1cm5mm
5、12(月)	ダラー 2cm2mm セサミン 2cm4mm セサミンの方が大きくなった。
5、13(火)	ダラーがだっぴをした。
5、15(木)	ダラー 3cm6mm セサミン 4cm
5、18(日)	ダラー 4cm5mm セサミン 5cm
5、23(金)	ダラーが前ようになった。

73

73

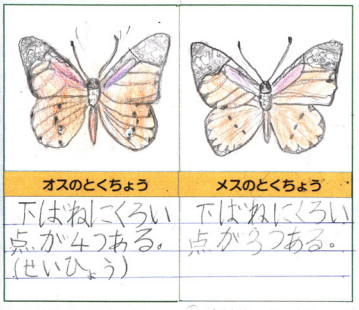
◇ オオゴマダラ (ダラー/セサミン) ◇

5、24(土)	ダラー さなぎ セサミン 前よう
5、25(日)	セサミンがさなぎになった。
5、26(月)	りょうほうとも、きれいな黄金色になった。
6、5(木)	7:42 ダラー うか 15:15 はなしに行った。 18:55 セサミン うか
6、6(金)	15:30 はなしに行った。 りょうほうともきれいにとんで行った。

74

74

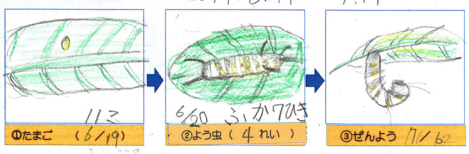
カバマダラ



オスのとくちょう	メスのとくちょう
下はねにくろい点が4つある。(せいひょう)	下はねにくろい点が2つある。

食草
トウワタ
キバナトウワタ
コウセントウワタ

かんさつ記ろく　(2014.6.19 ～ 7.11)



メモ
たまご11このうち
6/20にふか→7ひき

しいくほうほう

《どこで見つけたのか》
ベランダにあるトウワタのプランターによう虫50ぴきとたまご11こを見つけた。
(6/19)

《どのようにかんさつしたのか》
たまご→プリンカップ
小さいよう虫→丸がたカップ(あさがた)
大きいよう虫→丸がたカップ(ふかがた)
に分けた。そのうちたまごだけをしいくした。
よう虫はトウワタのあるうらそえぎのわんのこうえんにはなした。

じゅんびしたもの

・プリンカップ
・丸がたカップ(10cm/あさがた ふかがた)
・下にひくペーパー
・きりふき
・しょく草(トウワタ)

メモ（気をつけたこと）

たまご、よう虫の大きさごとに分けてしいくした
まえかった時は工サが足りなくて大へんだったので、今かいは、トウワタを11本うえてじゅんびした。

トウワタにはどくがあり、しるがつくとかぶれるので、おせわのあとにはちゃんと手をあらうようにした。

かんさつして　気づいたこと

よう虫はしょくよくがすごくトウワタをあっというまにたべつくしてしまう。
1ぴきで3本のトウワタをたべたものは大きなちょうになった。
だけどケースでしいくしているものは、小さなままさなぎになった。

たまごからそだてた4れいよう虫がつぎつぎへん色してじっとしていることが多くなった。えさは食べて大きくなっていくがさい後には、水ぶくれでしんでいった。

しらべてわかったこと

よう虫がしんだげんいんは、外からもらってきたトウワタにウイルスがついていたようです。しんだよう虫のケースはすべて、えんそで日にあてて、しょうどくしました。

せいそくはんいがせまい。
トウワタのあるところでくらすから。

しいくしてみた　かんそう

ほかのチョウにくらべて生めいりょくがつよい。うかしたあともじぶんでさとう水をきゅう水した。
たまごからせい虫になるまでやくろくじゅうろく日。
家のベランダ(2かい)から7ひきほうちしたら、2～3日ごとに、トウワタにさんらんしに来ていた。とてもかんどうしてうれしかった。
でも、気がつくとよう虫50ぴき、たまご11こあった。かえないのでトウワタのあるうらそえとぎのわんとみぐちのこうえんにはなした。
のこりのたまご11こだけをしいくした。

◇ カバマダラ（カバマー／マダラー） ◇

2013、11、10(日)	しぜんかんさつ会にさんか。ひが先生から、しゅうれいよう虫2ひきと、トウワタのなえをもらう。家にかえって、プランターにうえ、せんたくネットをかけて、そこでしいく。カバマー、マダラーと名づけた。
11、11(月)	は、はぁをもりもりたべる。ネットの中をウロウロうごきまわっていた。
11、12(火)	マダラー前よう→さなぎになる白い色でドングリみたいな形。カバマーも前よう になった。夕方、土の上におりていたのをは見。あわてたけど、手の中でだ、ぴして、ぶじさなぎになった。とてもうれしかった。お母さんにボンドでさなぎに糸をくっつけてもらって、それをつまようじでは っぽうスチロールのしいくケースにさしてもらった。
11、13(水)	マダラーのさなぎも、おなじケースに、うつして、家の中でかんさつした。
11、15(金)	さなぎは、さいしょ、うすピンクだった。ラメみたいにキラキラひかる点もあった。

79

◇ カバマダラ（カバマー／マダラー） ◇

11、15(金)	金色にひかるラインもとてもキレイ。でも、時がたつと、どんどん色がくろくなってきた。
11、20(水)	さなぎは、まっくろになって、中みがすけて、オレンジのはねのもようが見えてきた。もうすぐ、うかのサインかな？早く大きなかばまたらにあいたい!!
11、21(木)	11:13 マダラーうか　はねの点が3こなのでメス。 11:22 カバマーうか　はねの点が4こなのでオス。 うかの時は、学校だったので、かえってから、ビデオで見ました。はねは、のびていなくて おなかが大くて、いつも見てるチョウとは、ぜんぜんちがう形でした。さなぎのからにぶらさがって、ユラユラゆれて、はねをのばしていた。赤いおしっこ(ようべん)を出すとおなかが糸細くなりました。
11、22(金)	うらそえ大こうえんにはなしに行きました。

80

79

80

イワカワシジミ

オスのとくちょう

うらばねの青色がつよい。外ばねの白いもようが少なくみどりがつよい。

メスのとくちょう

うらばねはほんどいろ。外ばねは白みがかったみどり色で白いもようがオスにくらべ、はっきりしている。

食草
クチナシ

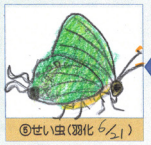
かんさつ記ろく　（2014、5、24～6、21）

①たまご　(5/24)

②よう虫（4れい）

③ぜんよう　6/13

メモ
3れいよう虫からのかんさつ。
たまごのぬけがらがありました。



⑤せい虫(羽化 6/21)

④さなぎ　6/14

81

しいくほうほう

《どこで見つけたのか》

中ぶの林にあるクチナシの木から、あなのあいたみを1つとってきた(5/24)
外には、たまごのぬけがらもついていた。
(よう虫のいるみは、あなのまえには、フンがついているのですぐ分かる。)

《どのようにかんさつしたのか》

よう虫のいるみをえだごと水の入ったビンにさしいくケースでしいくした。
今入っているクチナシのみをたべつくしたら新しいみにいどうするので、こうかんしていった。

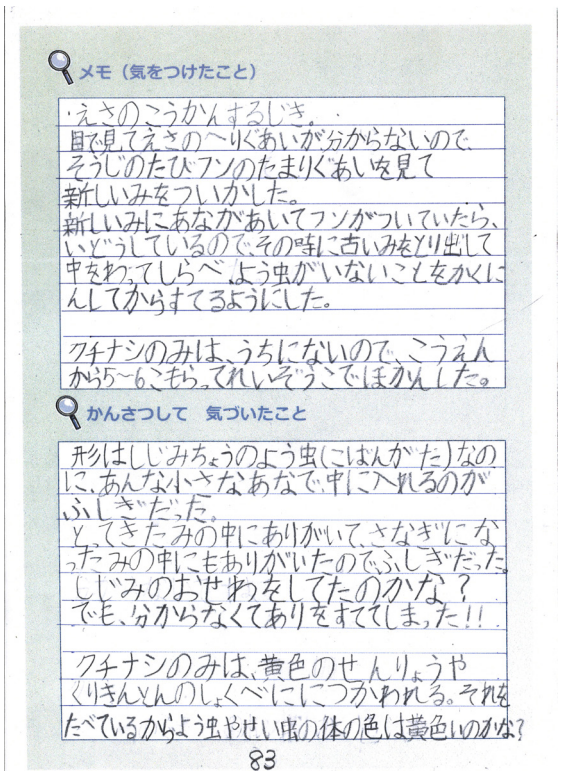
じゅんびしたもの

- しいくケース
- 下にひくペーパー
- しょく草(クチナシのみ)
- のむヨーグルトのペットボトルのビン
- アルミホイル（よう虫が水におちないようにするフタ）

82

81

82



メモ（気をつけたこと）

・えさのこうかんするじき。
目で見てえさの〜りぐあいが分からないので、
そうじのたびフンのたまりぐあいを見て
新しいみをついかした。
新しいみにあながあいてフンがついていたら、
いどうしているので、その時に古いみをとり出して
中をわってしらべ、よう虫がいないことをかくに
んしてからすてるようにした。

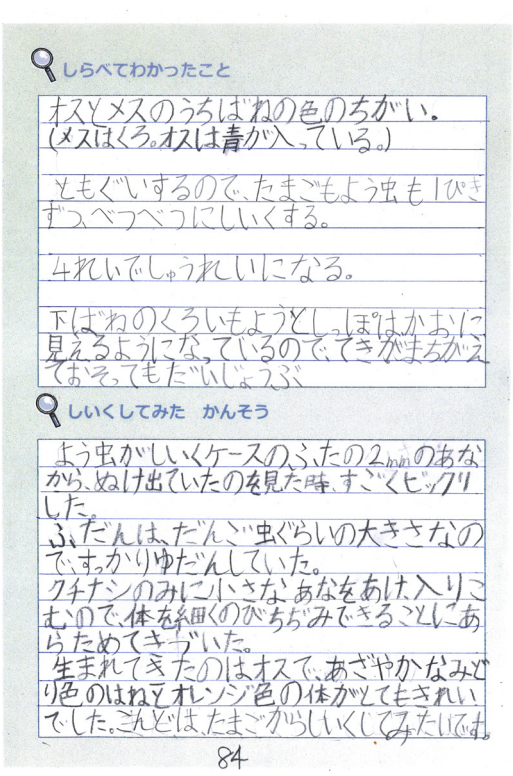
クチナシのみは、うちにないので、こうえん
から5〜6こもらってれいぞうこでほかんした。

かんさつして　気づいたこと

形はしじみちょうのよう虫（こばんがた）なの
に、あんな小さなあなで中に入れるのが
ふしぎだった。
とってきたみの中にありがいて、さなぎになっ
たみの中にもありがいたのでふしぎだった。
しじみのおせわをしてたのかな？
でも、分からなくてありをすててしまった!!

クチナシのみは、黄色のせんりょうや
くりきんとんのしょくべににつかわれる。それを
たべているからよう虫やせい虫の体の色は黄色いのかな？

83



しらべてわかったこと

オスとメスのうちばねの色のちがい。
（メスはくろ。オスは青が入っている。）

ともぐいするので、たまごもよう虫も1ぴき
ずつ、べつべつにしいくする。

4れいでしゅうれいになる。

下ばねのくろいもようとしっぽはかおに
見えるようになっているので、てきがまちがえ
ておそってもだいじょうぶ

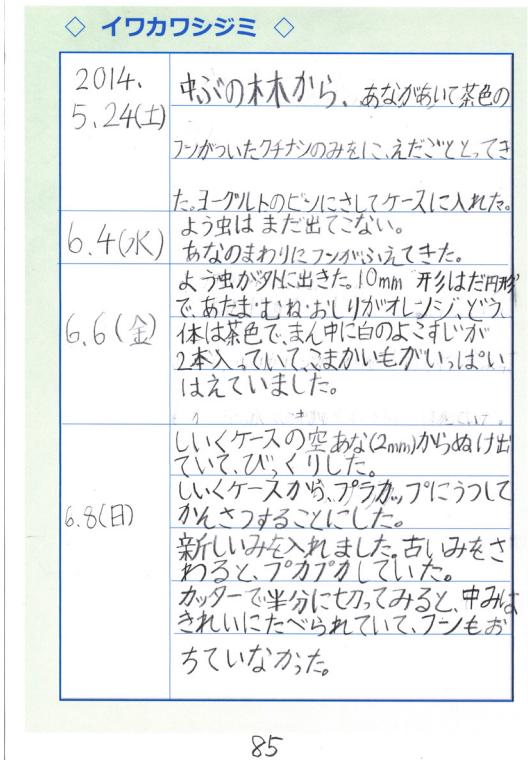
しいくしてみた　かんそう

よう虫がしいくケースのふたの2mmのあな
から、ぬけ出ていたのを見た時、すごくビックリ
した。
ふだんは、だんご虫ぐらいの大きさなの
で、すっかりゆだんしていた。
クチナシのみに小さなあなをあけ入りこ
むので、体を細くのびちぢみできることにあ
らためてきづいた。
生まれてきたのはオスで、あざやかなみど
り色のはねとオレンジ色の体がとてもきれい
でした。こんどは、たまごからしいくしてみたいです。

84

83

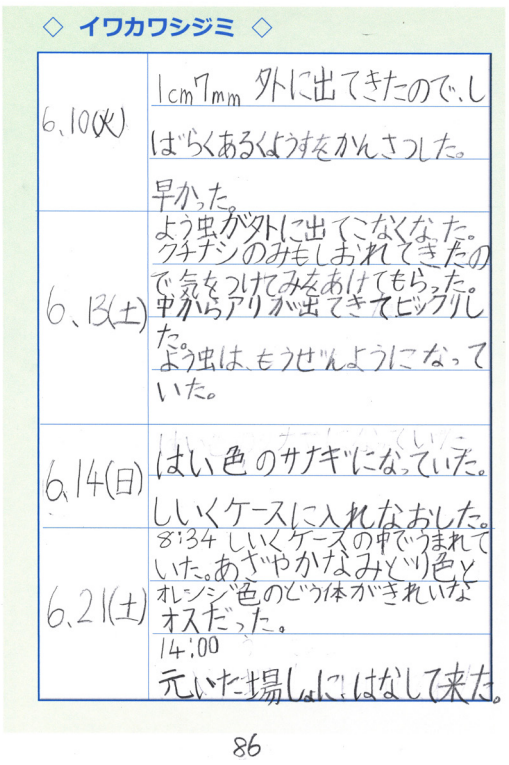
84



◇ イワカワシジミ ◇

2014、5、24(土)	中ぶの林から、あながあいて茶色のフンがついたクチナシのみをに、えだごととってきた。ヨーグルトのビンにさしてケースに入れた。
6、4(水)	よう虫はまだ出てこない。あなのまわりにフンがふえてきた。
6、6(金)	よう虫が外に出きた。10mm 形はだ円形で、あたま・むね・おしりがオレンジ、どう体は茶色で、まん中に白のよこすじが2本入っていて、こまかいもがいっぱいはえていました。
6、8(日)	しいくケースの空あな(2mm)からぬけ出ていて、びっくりした。しいくケースから、プラカップにうつしてかんさつすることにした。新しいみを入れました。古いみをさわると、プカプカしていた。カッターで半分に切ってみると、中みはきれいにたべられていて、フンもおちていなかった。

85



◇ イワカワシジミ ◇

6、10(火)	1cm7mm 外に出てきたので、しばらくあるくようすをかんさつした。早かった。
6、13(土)	よう虫が外に出てこなくなった。クチナシのみもしおれてきたので気をつけてみをあけてもらった。中からアリが出てきてビックリした。よう虫は、もうぜんようになっていた。
6、14(日)	はい色のサナギになっていた。しいくケースに入れなおした。
6、21(土)	8:34 しいくケースの中でうまれていた。あざやかなみどり色とオレンジ色のどう体がきれいなオスだった。14:00 元いた場しょにはなして来た。

86

85

86

87

		たまごの形	よう虫の形	さなぎの形	しょく草	オスメスの見分けかた	かんさつして気づいたこと しらべてわかったこと
シロチョウ科	ツマベニチョウ	○ (クリム・細長)	青虫タイプ。ザラザラのひふ。よこに目玉もようとオレンジのラインが出る。(4れい)	たいよう 糸で体をささえる。	ギョボク	メスは、内ばねのくろいもようがはったっしている。	日本のシロチョウ科の中では、1番大きい。 よう虫は、おこるとコブラのようにいかくする。おそわれた時、口からえきを出し、てきにかけてみをまもる。
	ウラナミシロチョウ	○ (白・細長)	[illegible]	たいよう	アメリカセンナ ハネセンナ モクセンナ シナガワハギ ジャワセンナ (ピンクシャワー) などのまめ科	メスはくろいもようがはったっしている。	フンをする時、おしりをたかくもち上げ、ポーンととおくにとばした。(ほうフンき)①てきに場しょが分からないように。②せいけつにして、カビやびょうきをふせぐため。
	ウスキシロチョウ	○ (白・細長)	抹茶色。頭が大きくて、体のよこにくろいラインが入っている。	たいよう	ナンバンサイカチ(ゴールデンシャワー)		

88

		たまごの形	よう虫の形	さなぎの形	しょく草	オスメスの見分けかた	かんさつして気づいたこと しらべてわかったこと
シロチョウ科	モンシロチョウ	○ (白・細長)	青虫タイプ。	たいよう	キャベツやだいこんなどのアブラナ科のしょくぶつ	見た目ではくべつしにくい。外縁をあてるとオスはくろく見える。	キャベツのはをたべた時のフンは、うすみどり、しんをたべると白。ぽいフン。
	モンキチョウ	○ (白・細長)	青虫タイプ。モンシロににているがよこに黄色と白のほん点がある。	たいよう	クローバーやシナガワハギなどのマメ科のしょくぶつ	オスはばねが黄色。メスは、白。	内ばねに、オレンジ色のもんがある。
	キチョウ	○ (白・細長)	あざやかなグリーンの青虫	たいよう	シナガワハギ クローバー ギンネムやマメ科しょくぶつ	(オス)黄色がつよい。(メス)あわい黄色。	成虫は、外ばねに茶色い細かいもようがある。

89

		たまごの形	よう虫の形	さなぎの形	しょく草	オスメスの見分けかた	かんさつして気づいたこと しらべてわかったこと
タテハチョウ科	アカタテハ	○ (みどり・丸)	毛虫タイプ。くろい毛に白やクリーム色のラインが入っている。	すいよう さかさにぶら下がる。	カラムシ ノカラムシ	見た目ではくべつしにくい。オスはなわばりをとんでいる。	よう虫は、しょく草のカラムシのはにすを作る。 わざわざ、ほかの虫のすをたべるのもいた。
	タテハモドキ	○ (みどり・丸)	まっくろの毛虫タイプ。	すいよう	イワダレソウ ヤナギバルイラソウ (だいようしょく)	アカタテハとおなじ。	夏がたと秋がたがある。 秋がた→はねの形がとがって目玉もようもきえて、かれはに見える。
	ツマグロヒョウモン	(白・トゲモコンの4分の1にいた形)	毛虫タイプ くろい毛にオレンジの十字のライン	すいよう	リュウキュウコスミレ パンジー ビオラなどのスミレ科のもの	オスは、ただのヒョウモン メスはカバマダラにきたいしている。	さなぎのかざりが、金色だとメス。(トゲの) ぎん色だとオスが生まれる。

90

		たまごの形	よう虫の形	さなぎの形	しょく草	オスメスの見分けかた	かんさつして気づいたこと しらべてわかったこと
ゴマダラチョウ科	オオゴマダラ	(白・たまご形)	くろと白のしまもよう。赤い丸もようがある。しょっ角が4つい(8本)ある。	すいよう 黄金色でとてもきれい。	ホウライカガミ(キョウチクトウ科) ※有どく	オスにはヘアペンシルがある。	日本さい大のチョウ。はねをひろげると12〜15cm。 よう虫がさなぎをかじってしるをすすっていた。 体内にどくをとり入れるため。
	カバマダラ	(白・たまご形)	黄色、くろ、はい色のしまもよう。しょっ角が3つい。(白・たまご形)6本ある。	すいよう ドングリタのような形。金のチェーンもようがある。	トウワタ フウセントウワタ (ガガイモ科) ※有どく	くろい点がはねに、メスは3こ、オスは4こある。	よう虫はしょくよくがすごく、トウワタをあっという間にたべつくしてしまう。せいそくはんいはせまい。 よう虫がたくさんしんだ。 ウイルスだった。
シジミチョウ科	イワカワシジミ	○ (白・丸)	3れい→黄色く毛が生えている。4れい→ダンゴムシみたいな形で、茶色と白。	たいよう クチナシのみの中でせんようさなぎになる。	クチナシのみ	(オス)内はねにブルー。(メス)くろ。	シジミチョウにしては大きい。 きれいなみどり色。 4れいがしゅうれい。

チョウについてわかったこと

・チョウは、それぞれたべる草がきまっていて、それをしょく草と言います。

・チョウの目は人間とちがい、し外線が見えるので、花のみつの場しょを見つけたり、オスメスのくべつをしている。

・まえ足にあじをたしかめるきかんがある。まえにまえ足でたたいてしょく草をたしかめる。(ドラミング)メスは、さんらんの時もする。

・チョウには多くのてきがいる。
①人間
②かりバチ→よう虫はにくだんごにされてしまう
③き生バチ(アオムシコマユバチ)やき生バエ→たまごをうみつけられて、体の中をたべられてしんでしまう。
④サシガメ→よう虫の体えきをすう
⑤鳥→よう虫も成虫もたべられる
⑥カマキリ・クモ・ギンヤンマなどのにくしょくこん虫
⑦ウイルス
⑧おなじ仲間でもともぐいがある
たまごからぶじチョウになれるのは100ぴきのうち3ぴきぐらい

91

91

・チョウのよう虫は、見た目は毛虫でもささない。
・オオゴマダラやカバマダラは、しょく草をたべることで、体にどくをためて鳥からみをまもっている。
ツマグロヒョウモン(♀)→カバマダラの形をまねてみをまもっている。(それをぎたいと言う)

・さなぎには、あたまをぶら下げる「すいよう」と体をたい糸でささえる「たいよう」がある。

・しいくするまでは、さなぎはかたまって、うごかないと思っていた。ゆれたり、さわったりすると、はげしくうごくのでとてもビックリした。

・ツマベニチョウは、ウスキ・ウラナミ・モンシロ・モンキと形や大きさはぜんぜんちがうけど、さなぎの形やたいようなどにているので、おなじシロチョウ科なんだと思いました。

・ぜんようやさなぎの時に、だっぴするために下におちるものもいた。

92

92

チョウについてわかったこと

・よう虫には、気があらいもの、のんびりしてるもの、ひとの分をうぼうもの、早くあるくもの、いばん小さいよう虫がいばん大きいよう虫のおしりにくっついて、じぶんを大きくみせてイジメられないようにしているものなど、いろいろなタイプがいておもしろかった。

・チョウによってようべん(おしっこ)の色もちがうんだと分かった。

・よう虫のおしりには「ほうふんき」というのがあり、それでフンをとおくにとばし、てきにいばしょをしられないようにしたり、せいけつにしてカビやびょう気からまもっている。

・よう虫の中には、ものすごいりょうのしょく草をたべるものもいるので、しいくにはじゅう分なりょうをじゅんびしないといけない。
台風やいろいろなりゆうで、手に入れるのがむずかしくなる時もある。できるだけ家でもさいばいしておくほうがいい。

93

93

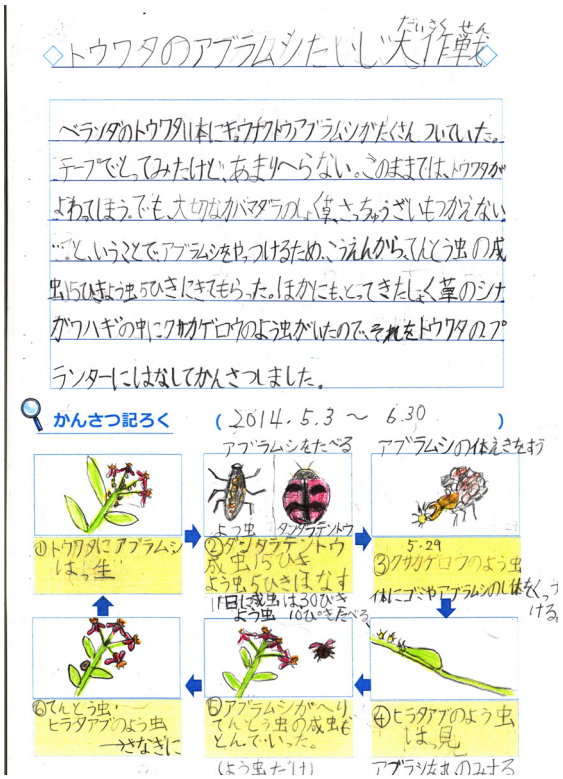
アカタテハやタテハモドキのように見た目がいっしょでオスメスのくべつがつきにくいものは、ふくぶとおしりの形で見分ける。
よこから見るとオスはぼうじょう。
メスは、ふくぶが太く、おしりの先がななめにきれこんでいる。

(オス)　(メス)

チョウは風にのって南の島や北の方からとんでわたってくる。
アサギマダラのようにとおいきょりのいどうをくりかえすものやそこの場にすみついてくらすものもいる。
モンシロチョウやバナナセセリも外来しゅとして入って来たもの。
もともといない生きものをもちこんだり、はなしたりしてはだめ。もとからいる生きもののぜつめつにつながるかもしれないので、気をつける。

94

94



◇トウワタのアブラムシたいじ大作戦（だいさくせん）◇

ベランダのトウワタ1本にギョウチクトウアブラムシがたくさんついていた。テープでとってみたけど、あまりへらない。このままでは、トウワタがよわってしまう。でも、大切なかバマダラのしょく草、さっちゅうざいもつかえない…と、いうことでアブラムシをやっつけるため、こうえんからてんとう虫の成虫15ひきよう虫5ひきにきてもらった。ほかにも、とってきたしょく草のシナガワハギの中にクサカゲロウのよう虫がいたので、それをトウワタのプランターにはなしてかんさつしました。

かんさつ記ろく　（2014.5.3 ～ 6.30）

アブラムシをたべる　アブラムシの体えさをすう

①トウワタにアブラムシはっ生

よう虫　タンダラデントウ

②ダンダラデントウ成虫15ひきよう虫5ひきはなす
1日に成虫は30ひきよう虫10ひきたべる

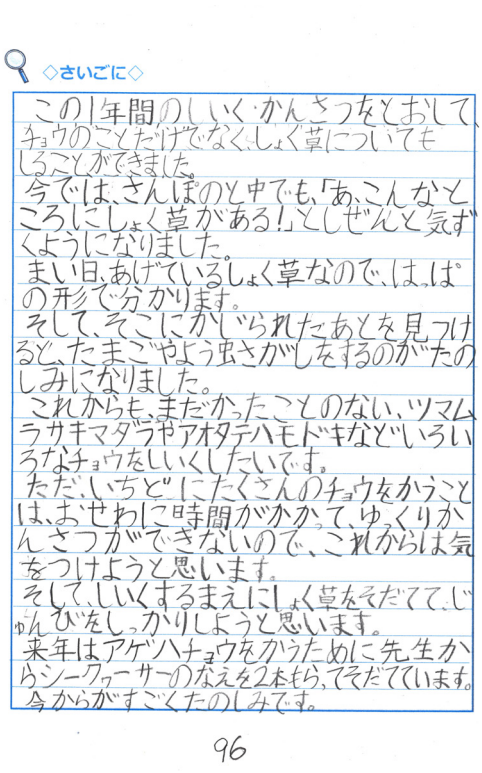
5.29
③クサカゲロウのよう虫
体にゴミやアブラムシのし体をくっつける

④ヒラタアブのよう虫はっ見
アブラシなまのみする

⑤アブラムシがへり、てんとう虫の成虫もとんでいった。
（よう虫だけ）

⑥てんとう虫・ヒラタアブのよう虫
→さなぎに

95

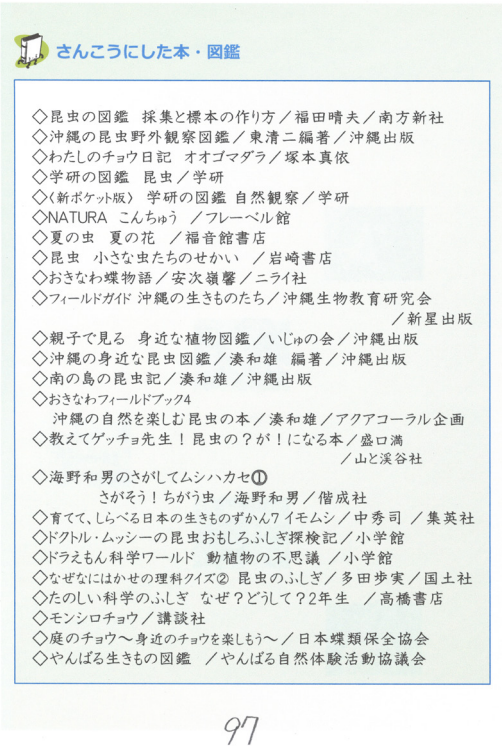


◇さいごに◇

この1年間のしいく・かんさつをとおして、チョウのことだけでなくしょく草についてもしることができました。
今では、さんぽのと中でも、「あ、こんなところにしょく草がある！」としぜんと気ずくようになりました。
まい日、あげているしょく草なので、はっぱの形で分かります。
そして、そこにかじられたあとを見つけると、たまごやよう虫さがしをするのがたのしみになりました。
これからも、まだかったことのない、ツマムラサキマダラやアオタテハモドキなどいろいろなチョウをしいくしたいです。
ただ、いちどにたくさんのチョウをかうことは、おせわに時間がかかって、ゆっくりかんさつができないので、これからは気をつけようと思います。
そして、しいくするまえにしょく草をそだてて、じゅんびをしっかりしようと思います。
来年はアゲハチョウをかうために先生からシークヮーサーのなえを2本もらってそだてています。
今からがすごくたのしみです。

96

96



さんこうにした本・図鑑

◇昆虫の図鑑　採集と標本の作り方／福田晴夫／南方新社
◇沖縄の昆虫野外観察図鑑／東清二編著／沖縄出版
◇わたしのチョウ日記　オオゴマダラ／塚本真依
◇学研の図鑑　昆虫／学研
◇〈新ポケット版〉学研の図鑑 自然観察／学研
◇NATURA　こんちゅう　／フレーベル館
◇夏の虫　夏の花　／福音館書店
◇昆虫　小さな虫たちのせかい　／岩崎書店
◇おきなわ蝶物語／安次嶺馨／ニライ社
◇フィールドガイド 沖縄の生きものたち／沖縄生物教育研究会／新星出版
◇親子で見る　身近な植物図鑑／いじゅの会／沖縄出版
◇沖縄の身近な昆虫図鑑／湊和雄　編著／沖縄出版
◇南の島の昆虫記／湊和雄／沖縄出版
◇おきなわフィールドブック4
沖縄の自然を楽しむ昆虫の本／湊和雄／アクアコーラル企画
◇教えてゲッチョ先生！昆虫の？が！になる本／盛口満／山と渓谷社
◇海野和男のさがしてムシハカセ①
さがそう！ちがう虫／海野和男／偕成社
◇育てて、しらべる日本の生きものずかん7 イモムシ／中秀司　／集英社
◇ドクトル・ムッシーの昆虫おもしろふしぎ探検記／小学館
◇ドラえもん科学ワールド　動植物の不思議　／小学館
◇なぜなにはかせの理科クイズ② 昆虫のふしぎ／多田歩実／国土社
◇たのしい科学のふしぎ　なぜ？どうして？2年生　／高橋書店
◇モンシロチョウ／講談社
◇庭のチョウ～身近のチョウを楽しもう～／日本蝶類保全協会
◇やんばる生きもの図鑑　／やんばる自然体験活動協議会

97

97

講　評

チョウの観察がとても丁寧に行われています。卵を入手して成虫になるまでの過程を根気強く細かく観察しているところは高く評価できます。事前に飼育方法をよく調べていることで上手に観察がすすめられました。また、上手なスケッチがたくさん描かれた観察記録はうまく表にまとめられており、成長の様子がよくわかります。写真があるとさらによくわかりますが、スケッチをすることは観察物をよく見ることにつながり、いろいろなことに気づくことにつながります。観察・実験をしながら何かに気づくことはとても重要なことです。餌を食べる量にも着目して、成長にともなって食べる量も増えることが目で見て分かるようなスケッチも評価に値します。

チョウのスケッチをもとに雌雄別のからだの特徴などが書かれており、見分けるのに役立ちそうです。研究を進めるために必要なチョウの飼育方法や体の特徴などを本などでよく調べている様子がうかがえます。

観察や調べて分かったことを一覧表に上手にまとめ、わかりやすくする工夫が見られました。今回の研究によって、チョウに対する興味がより高まったようで、日頃からチョウをよく観察しようとする姿勢が身についたようです。その興味を継続研究につなげていってください。

沖縄県教育長賞

第37回沖縄青少年科学作品展

ナンゴクデンジソウの気孔にみられた生息環境への適応

竹富町立船浦中学校
2年 竹内 菜緒

【はじめに】

昨年、西表島の淡水域（川・水田・用水路・湿地）に自生する一般的に「水草」といえそうな植物(注)について、種類と特徴、自生する環境について調べた。13種類の植物について、半年から一年間水槽内で成長が確認できたので水草とみなした。これらの植物のなかでも湿地や水田に分布しているものは、水が乾いてしまっても多くが生きていて、水中にいる時より葉や茎は硬くなるなど、生息環境に適応している様子が観察された。

なかでもシダ科のナンゴクデンジソウは、採集し水槽やミニビオトープに移した後もその葉を水中・水面・水上に生き生きと展開し（写真1, 2）増殖した株を畑に移しても元気に増殖し続け（写真3）、環境への適応力にとても驚いた。

写真1 水槽内

写真2 ビオトープ

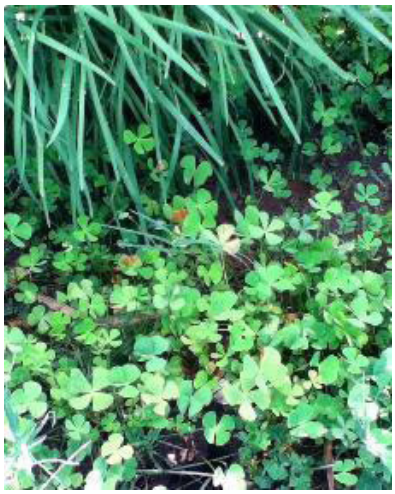


写真3 畑にて

ところで、陸上植物は葉に「気孔」という穴をもっていて一般に葉の裏側の表面に多いとされている。陸上植物の葉の表面は主に乾燥に耐えるためのクチクラ層で覆われていて、気孔はこの層の内側と外側を繋いで呼吸したり蒸散を行う役割がある。一方水中で生息する植物のクチクラ層は薄いもしくは無いために気孔がなくても呼吸を葉全体で行えるらしい。また、浮き草やスイレン・アサザなどの水面に葉を展開し裏面が水に接しているような植物は、葉の表側に気孔を発達させているらしい。では、ナンゴクデンジソウのように水上・水面・水中に葉を展開している植物の気孔はどうなっているのだろうか。気孔の数や形態を変化させているかもしれないと思い、今回研究することにした。

（注）分類学上水草というのは無く、陸上から水中に適応できるよう進化した種類を一般的には水草と呼んでいるらしい。

【目的】

植物では一般に「葉の裏側に多い」とされている気孔について、水中に生息している植物には無かったり、浮き草やスイレン・アサザのような植物では葉の表側に発達させたりなど、種類によって環境に順応しているらしい。水上・水面・水中に葉を展開しているナンゴクデンジソウは生息環境に応じて気孔の性質を細かく変化させているかもしれない。ナンゴクデンジソウの水上・水面・水中にある葉の表側と裏側の気孔を顕微鏡で比較観察し、水草の適応能力について考えてみたい。

ナンゴクデンジソウについて

シダ類　デンジソウ科

和　名　ナンゴクデンジソウ（南国田字草）

学　名　*M.crenata Presl*

熱帯アジア、オーストラリア、国内では九州南端から琉球列島に分布。湿地や水田、河川の浅水域に生育する抽水～浮葉植物。高さ 7 ～ 12cm。根茎や胞子によって増殖する。

2007 年環境省のレッドデータブックが改訂された際に、ランクが絶滅危惧 IA 類 (CR) から絶滅危惧 IB 類 (EN) に下がった。

【仮説】

二つ考えた。

1. ナンゴクデンジソウの葉は西表の生息地では水田や湿地の水面に展開しているのがよく観察され、浮いている様子がスイレンやアサザの葉に似ている。だから同じように葉の表側に気孔をたくさん持っているのではないだろうか。水上や水中においてもこの気孔を閉じたり開いたりして適応しているかもしれない。

2. 状況に応じて気孔の数を変化させる。水上では葉の両面に気孔を持つ。水面では裏側の気孔を減らすか無くし、その分だけ表側の数を増やす。水中では両面の気孔の数を減らすか無くし、クチクラ層を薄くして葉全体で呼吸すると考える。

【材料および方法】

○ナンゴクデンジソウの葉なるべく同じ大きさの葉を揃える

・水上の葉（写真 4） 一年間ミニビオトープで栽培している株から

・水面の葉（写真 5） 同上

・水中の葉（写真 6） 二年間水槽で炭酸ガスを添加し栽培した株から

○顕微鏡　　○デジカメ

○スライドガラス　　○カバーガラス

○ハサミ　　○メス

○ピンセット　　○注射器

○ゴムマット　　○ステンレスバット

写真４ 水上の葉

写真５ 水面の葉

写真６ 水中の葉

ナンゴクデンジソウの水上・水面・水中の葉について、それぞれ表側と裏側の表面をメスではぎ取って水に浸し、スライドガラスとカバーガラスの間に挟み（写真７）顕微鏡にて 400 倍で観察。

気孔の数を一面につき五回カウントし（写真 8）平均値を出す。乾燥に注意して時々スライドガラスとカバーガラスの間に注射器で水を注入する。

気孔かもしれないが特徴（2 つの細胞が唇型に向かい合った構造）を確認できないものはカウントしない。また、葉の表面を気孔の形状を含めそれぞれ特徴に気をつけて観察する。

カウントしたそれぞれの平均値を比較し、なぜそのような結果になったか仮説を交えて考察する。

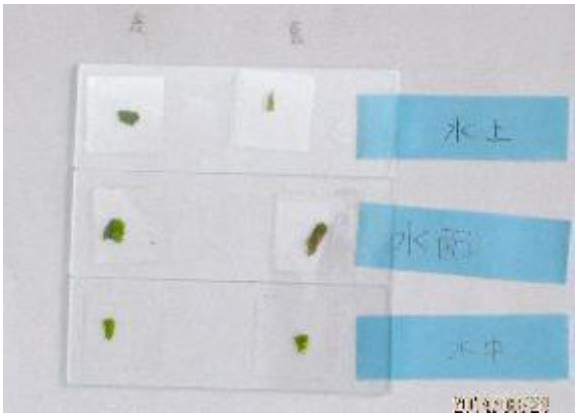


写真７ 作成したスライドガラス

写真８　カウント中

【結果】

顕微鏡 (400 倍) の一視野でカウントされた気孔の数

表 1.　葉の表

回数	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均
水上	35	31	33	35	35	33.8
水面	71	78	52	82	71	70.8
水中	0	0	0	0	0	0.0

表 2.　葉の裏

回数	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均
水上	16	18	16	16	19	17.0
水面	0	0	0	0	0	0.0
水中	0	0	0	0	0	0.0

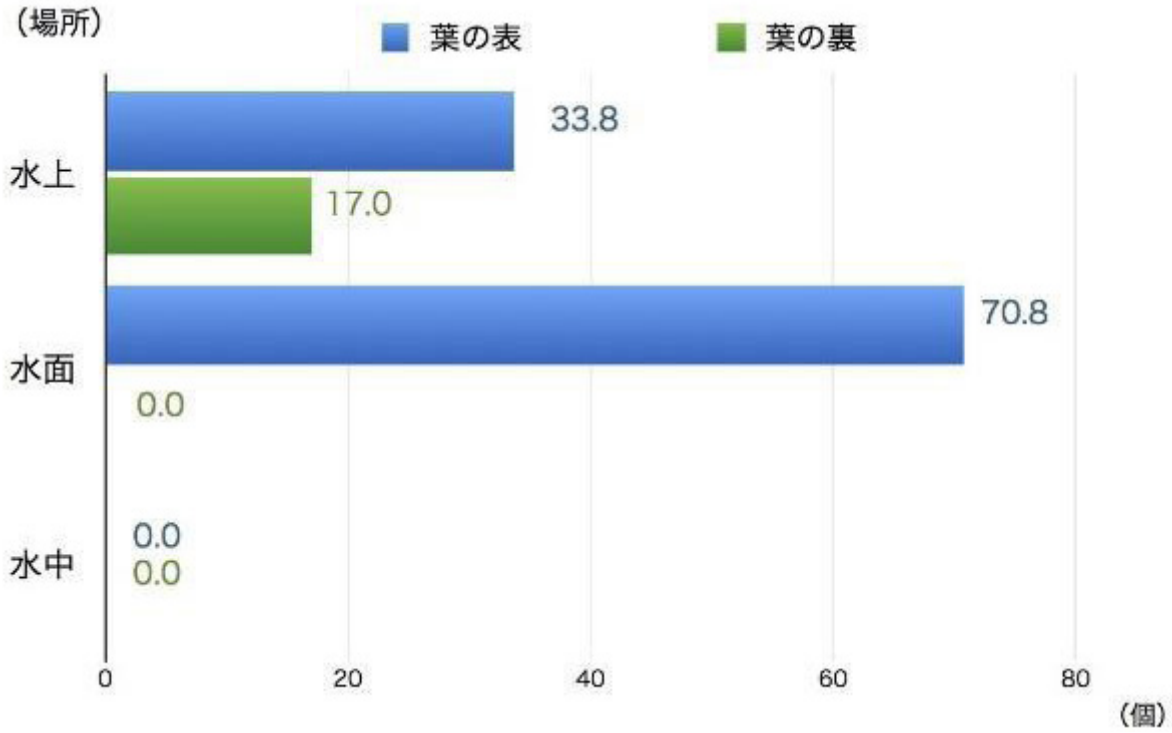
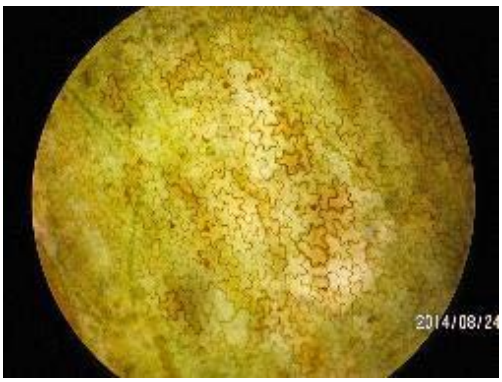
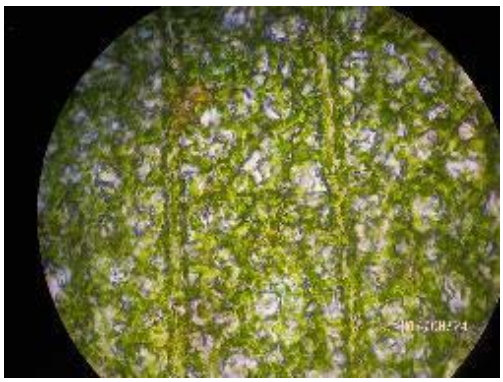
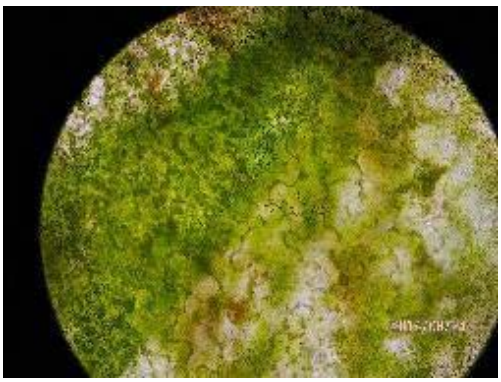


図 1. 気孔の平均個数グラフ

形態の変化

水面の葉の裏側、水中の葉の表側・裏側には、ジグソーパズルのような模様が共通して見られた（写真 12,13,14）。

	葉の表側	葉の裏側
水上	 写真９　気孔が観察できる	 写真10　写真では分かりにくいが気孔が観察できる
水面	 写真11　気孔が観察できる	 写真12　気孔無しジグソーパズル状の模様がある
水中	 写真13　気孔無しジグソーパズル状の模様がある	 写真14　気孔無しジグソーパズル状の模様がある緑鮮やか

【まとめ】

・水上～水中の状況に応じて気孔の数に変化が観られた。
・水上～水中の葉の表側の気孔の数について順に表すと
　水面（70.8 個）＞水上（33.8 個）＞水中 (0 個)
・水上～水中の葉の裏側の気孔の数について順に表すと
　水上（17.0 個）＞水面（0 個）・水中 (0 個)
・水上の葉の裏の気孔は輪郭が薄く観察しにくかった。
・葉の水に接している面（水面裏、水中表、水中裏）にはジグソーパズル状の模様が観察された。

実験結果より、仮説「2」に近いことがわかった。

ナンゴクデンジソウは、水中・水面・水中の葉の気孔の数をそれぞれ変化させており、水草としての能力の一端を確認することができた。

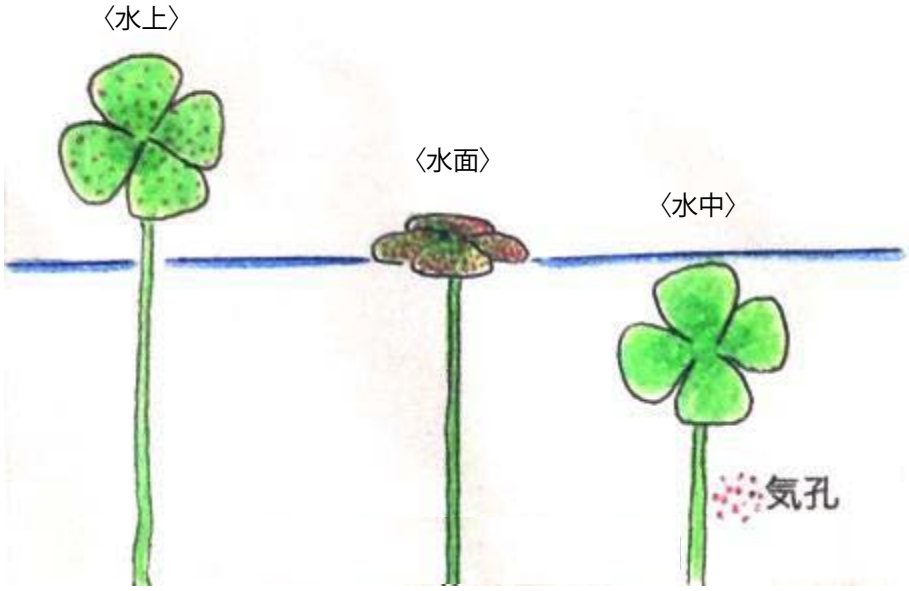


図 2　気孔の配置のイメージ

【考察】

概ね、仮説「2」の通りの結果となったが、水中の葉については驚きが多かった。葉の両面に気孔は全く無く、表も裏も表面の模様が水上のものと全く違った。

水中では役に立たない気孔は消滅し、表面にみられたジグソーパズルのような模様は何なのか分からないが、クチクラ層が薄くなるもしくは無くなって、その下にあった層が、現れたのではないだろうか。

水上・水面の葉のなかで最も気孔が多かったのが水面の表側だったことから、二酸化炭素の吸収には、裏側を頼るよりも表側をより活用していることが分かる。水からよりも空気からの方が二酸化炭素を摂り易いということだろう。

水中に炭酸ガスを添加して育てると水中に次々葉が開き、添加していないビオトープでは水中の葉は小さいし割と早く枯れてしまっていた。水中で呼吸するにはある程度条件が整わないといけないのだろう。畑での旺盛な生育をみても、どちらかというと陸上が好きなのかもしれない。水中へ適応しようと進化する途中なのだろうか。

【感想】

昨年は「西表の淡水域に自生する水草について」をテーマとし調査を行った。今年はその中からシダ植物「ナンゴクデンジソウ」の気孔を調べ、「同一種でも生息環境に応じて葉の造りを変化させるのか」を検証した。

実際に検証してみて、生息環境によって気孔の数を変化させているという新たな発見が目の当たりにできて嬉しかった。そして、自らの葉の造りを変えてまで周囲に適応し、生き延びている生命力の強さを実感した。一方で生息地が陸上でも水田でも適応能力のある植物なのに、絶滅危惧種であることが不思議に感じる。

二年間水草について調査したり文献を調べてきて、水草はもともと陸上の植物だったことや、多くの種は周囲の環境に適応する能力を持っていることがわかった。では、現時点で水中に生きている水草は、水が無くなっていくと、その葉に気孔を新たに造り、地上の植物として生きることが出来るのか。また、その逆はどうなのか。そもそも水中から水上に向かって伸びる新芽の葉はどうなっているのだろうか。種類によっても違いがあるはずである。今回はナンゴクデンジソウの気孔について研究したが、更に他の水草の適応力についても検証してみたいと思った。

【参考文献】

吉野　敏 著『水草の世界 728種図鑑』（マリン企画　2005 年 初版発行）

田中 法生 著『異端の植物「水草」を科学する 水草はなぜ水中を生きるのか？』（ベレ出版　2012 年 初版発行）

講　評

日々の植物観察の中から、疑問点を発見し調査研究を行った素晴らしい研究です。仮説の立て方、実験方法、考察に至るまで上手にまとめてあります。同じ植物体から、水上、水面、水中と３つのタイプの葉がでることに良く気づきました。日頃の観察の成果と感心しました。水中の葉を良好に保つために、二酸化炭素を添加する等の工夫も素晴らしいと思います。また、この水中・水面の葉の気孔がどうなっているのかと疑問を持つ視点が、この研究の素晴らしいところです。このセンスを大事にしてもらいたいと感じました。

ハスなどの水面に葉をつける植物は葉の表面に気孔があり、裏面には気孔が無いことはよく知られていますが、今回のように３つのタイプの葉をつける植物について調べられた例は聞いたことがありません。水上の葉には両面に、水面の葉には表面に気孔が存在し、水中の葉には気孔が無いことが今回明らかになりました。考察の中で述べられているように、水が無くなっていくと水面の葉や水中の葉の気孔がどうなっていくのか、水中から水上に向かって伸びる新芽の葉の気孔はどうなっているのかを是非とも継続して研究を行ってほしいと思います。

実験内容を示すパネルも写真や図表を効果的に使い、見やすく整理されていました。今後の展望もしっかりと示されており、次年度以降の継続研究に大いに期待します。考察や感想には示されていませんでしたが、資料の写真からは、水上、水面、水中の３つのタイプの葉の内、水中の葉は沈んでいるように見えます。葉の構造にも何か違いがあるのか気になります。ナンゴクデンジソウは発展性のある魅力的な実験材料ですので、是非継続して研究を行ってください。

沖 縄 県 教 育 長 賞

第37回沖縄青少年科学作品展

嘉津宇岳のバタフライウォッチング Ⅲ
～チョウの日周変動と年変動～

名護市立屋部中学校
2年 北村 澪

1．はじめに

チョウは、幼虫のエサとなる食草が決まっているため、チョウの成虫を調べることで、緑の豊かさをある程度知ることができます。チョウを通して緑の豊かさを調べることを、バタフライ・ウォッチングと言います。

一昨年の研究で、嘉津宇岳と私の家の近くの屋部川周辺でバタフライ・ウォッチングを1年間通して行い、どのようなチョウが見られるかを比較し、チョウによる緑の環境診断を行いました。その結果、嘉津宇岳の方が、屋部川周辺よりもチョウの種類が多く見られ、植生が豊かだということを明らかにしました。

昨年の研究で、同じ名護市にある名護岳（非石灰岩地）との比較を行いました。その結果、総合点および確認種数と個体数は、嘉津宇岳（石灰岩地）の方が名護岳よりも高かったです。このことから、嘉津宇岳の方が名護岳よりも緑が豊かであることが分かりました。さらに、嘉津宇岳においては、2011年10月から継続調査を実施しているので、年間の変動を比較しました。その結果、2012年8月下旬～9月にかけて、大型の台風3つ（15～17号）が通過後、チョウの個体数が激減し、しばらくチョウの種類と個体数が回復しなかったことから、台風がチョウの食草に影響を及ぼした可能性が考えられました。

過去2年間にわたる調査から、チョウは気温が約28℃の時によく飛んでいると感じました。調べてみたところ、沖縄生物教育研究会（2004年）によると、「チョウの飛翔可能な最低気温は約16～17℃」と記載されています。チョウは変温動物なので、活動に適した気温があると予想しました。

そこで今回の研究では、嘉津宇岳において、チョウの1日の活動時間の変化を調べるために日周変動調査を実施しました。また、大型台風からのチョウの回復状況を見るために、継続調査（モニタリング調査）を実施し、年変動の様子を調べました。

2．仮説の設定

チョウは1日のうちで気温が上がる11:00～14:00頃、かつ、気温が17℃以上の時によく飛ぶ。

3．調査場所

嘉津宇岳：嘉津宇岳入口～嘉津宇岳駐車場までをルートとします。嘉津宇岳は石灰岩地であり、入り口から駐車場までは様々な植物が生い茂っています。駐車場は、かなり開けています（図1）。

調査ルートの様子を写真1～16に示しました。

図１　嘉津宇岳における調査ルート

写真１　嘉津宇岳入口の様子
H26.8.24（日）

写真２　入口を少し登った所
モンシロチョウが多い　H26.8.24(日)

写真３　花の近くに、ナガサキアゲハがいる
H26.8.24(日)

写真４　イシガケチョウがよく飛んでいる
H26.8.24（日）

写真５　嘉津宇岳にはいろんな植生が見られる
H26.8.24(日)

写真６　嘉津宇岳中腹
H26.8.24(日)

写真７
H26.8.24(日)

写真８　コノハチョウがよく見られるところ
H26.8.24(日)

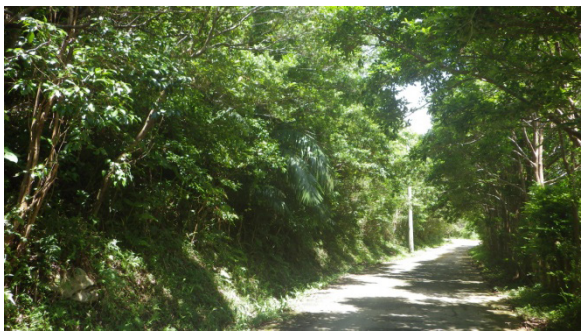


写真 9　道の横にはミカン畑がある
H26.8.24(日)

写真 10　ここを上がると駐車場がある
H26.8.24(日)

写真 11　嘉津宇岳駐車場開けている
H26.8.24(日)

写真 12　嘉津宇岳登山口
H26.8.24(日)

写真 13　チョウを観察しているところ
H26.8.24(日)

写真 14　温湿度計を測る場所は展望台の日陰
H26.8.24(日)

写真 15 温湿度計を測っているところ
少し休憩　　H26.8.24(日)

写真 16　これが温湿度計
ボタンを押せばすぐ測れて便利　H26.8.24(日)

4．調査方法

（1）調査期間

2013 年 8 月～ 2014 年 8 月に調査を行いました。日周変動調査は 1 ～ 2 ヶ月に 1 回の調査を行いました。年変動調査（モニタリング調査）は毎月 2 ～ 3 回調査を実施しました。ただし、嘉津宇岳においては、2011 年 10 月からモニタリング調査を実施しています。

（2）調査方法

ルートセンサス法で調査を行います。ルートを移動しながら、チョウを観察します。チョウを見かけたら図鑑等で種類を確認しますが、見ただけではすぐに名前が分からないチョウは、捕虫網で捕獲して種類を調べます。確認できたチョウの種類と個体数を調査票に記録します。捕獲したチョウは、種類を調査票に記録後に逃がしました。

調査票に記録したチョウが見られる環境を、「緑の少ない環境」、「まとまった緑の残る環境」、「豊かな緑の残る環境」に分け、環境ごとに設定されたチョウの個体数を集計しました。

今回は、日周変動調査と年変動調査（モニタリング調査）を実施しました。

①日周変動調査

早朝から夕方にかけて調査時刻を 3 時間ごとに 8:00、11:00、14:00、17:00 と 4 回設定し、嘉津宇岳の調査ルートを調査しました。 1 ～ 2 カ月に 1 回の頻度で調査を実施しました。

②年変動調査（モニタリング調査）

毎月、 2 ～ 3 回、11 時頃にルートセンサス法を実施しました。なお、11 時の日周変動調査は、年変動調査に加えました。

※調査票は、沖縄県立辺土名高等学校環境科で使用している調査票を参考にさせて頂きました。

（3）集計方法

「チョウによる緑の環境診断　調査票」では、チョウが見られる環境区分によって、チョウの種類ごとにスコア（得点）が決まっています。例えば、「緑の少ない環境で見られるチョウ」は 1 点（例：モンシロチョウ）、または 2 点（例：アカタテハ）、「まとまった緑の残る環境で見られるチョウ」は 3 点（例：アオスジアゲハ）、「豊かな緑の残る環境で見られるチョウ」は 4 点（コノハチョウ）、または 5 点（フタオチョウ）です。これらの得点を集計して、調査地の総合点を算出します。総合点が高いほど、調査場所の緑が豊かであることが分かります。

総合点の算出方法は、以下の通りです。

総合点＝確認したチョウの得点＋確認したチョウの得点＋確認したチョウの得点＋・・・。

この場合、確認できたチョウの個体数は関係なく、各種類が 1 個体でも確認できたら得点を加えます。

ただし、過去 2 年間の調査で、嘉津宇岳のチョウの総合点は最高で 49 点程度だとわかったので、今回は、種類数および総個体数を中心に集計・比較することにしました。

5．結果

（1）日周変動調査

2013 年 8 月～ 2014 年 8 月にかけて、早朝から夕方にかけて 3 時間ごと 8:00、11:00、14:00、17:00 に調査した比較的個体数が多く確認できたチョウ 7 種（シロオビアゲハ、アオスジアゲハ、ジャコウアゲハ、イシガケチョウ、ナガサキアゲハ、ナミエシロチョウ、コノハチョウ）の日周活動の結果を図 2 ～ 11 に示しました。

気温は 8:00 が最低のことが多く、11:00 または 14:00 に最高になり、17:00 には再び低くなりました。湿度は常に 8:00 が最高でした。

おおむね、気温が高くなる 11:00 または 14:00 に、チョウの種数および総個体数が増加する傾向が見られました。7 ～ 8 月以外は、17:00 にはチョウの種数と個体数は急激に減少する傾向が見られました。気温が低かった 12 月と 2 月の調査では、11:00 と 14:00 でもチョウの種類数と個体数が少なかったです。

多くのチョウで 11:00 または 14:00 に個体数が多く確認されましたが、どちらの時間帯に多いかは種類によって多少異なっていました。

① 2013 年 8 月 27 日（火）

気温は、28.3℃ (8:00)、30.8℃ (11:00)、33.5℃ (14:00)、31.1℃ (17:00) と変動しました。湿度は、84% (8:00)、68% (11:00)、63% (14:00)、68% (17:00) と変動しました。

種数は、8:00 では 8 種でしたが、11:00、14:00、17:00 にかけては、16 種、15 種、16 種と安定していました。総個体数は、8:00 では 39 個体でしたが、11:00 では 131 個体と最も多くなり、14:00 では 107 個体とやや減少し、17:00 では 104 個体でした。

この日に比較的個体数が多く確認できたチョウ 7 種の日周変動を見てみると、シロオビアゲハは 8:00 では 13 個体でしたが、11:00 では 51 個体と最も多くなり、14:00 では 21 個体、17:00 では 11 個体と夕方にかけて減少する傾向が見られました。これに対して、ジャコウアゲハ、ナガサキアゲハ、イシゲケチョウ、ナミエシロチョウ、コノハチョウは、どれも 8:00 には個体数が少なかったですが、11:00 にかけて個体数が増加し、その後、14:00、17:00 とほぼ同じ個体数が確認できました。アオスジアゲハは、8:00 には 3 個体、11:00、14:00、17:00 にかけても 1 個体、2 個体、3 個体と少ない個体数で推移していました。

② 2013 年 10 月 20 日（日）

気温は、24.4℃ (8:00)、25.0℃ (11:00)、25.3℃ (14:00)、23.7℃ (17:00) と変動しました。湿度は、84% (8:00)、81% (11:00)、79% (14:00)、80% (17:00) と変動しました。

種数は、8:00、11:00、14:00 にかけて、12 種、15 種、17 種へと増加しました。17:00 には、4 種へと減少しました。総個体数は、8:00、11:00、14:00 にかけて、56 個体、75 個体、77 個体へと増加しました。17:00 では 4 個体へと減少しました。

シロオビアゲハは、8:00 から 11:00 にかけて、10 個体から 30 個体へと増加し、14:00 では 25 個体と安定し、17:00 では 1 個体へと減少しました。アオスジアゲハは、2 個体 (8:00)、2 個体 (11:00)、4 個体 (14:00)、0 個体 (17:00) と少ない個体数で変動しました。イシガケチョウは、8:00 ～ 14:00 までは 5 ～ 10 個体で変動し、17:00 には 0 個体でした。ナガサキアゲハは、8:00 には 12 個体確認できましたが、その後、11:00、14:00、17:00 にかけて、7 個体、5 個体、0 個体へと減少しました。ジャコウアゲハ、ナミエシロチョウ、コノハチョウは、ほとんど見られず 0 ～ 2 個体程度で推移しました。どの種も、17:00 にはほとんど見られなくなりました。

③ 2013 年 12 月 8 日（日）

気温は、18.0℃ (8:00)、21.3℃ (11:00)、22.4℃ (14:00)、18.9℃ (17:00) と変動しました。湿度は、70.3% (8:00)、68% (11:00)、66% (14:00)、72% (17:00) と変動しました。

種数は、0 種 (8:00)、3 種 (11:00)、8 種 (14:00)、0 種 (17:00) と変動しました。総個体数は、0 個体（8:00)、3 個体 (11:00)、31 個体 (14:00)、0 個体 (17:00) へと変動しました。

イシガケチョウは、0 個体 (8:00)、1 個体 (11:00)、10 個体 (14:00)、0 個体 (17:00) へと変動しました。シロオビアゲハは 11:00 に 1 個体、ナガサキアゲハは 14:00 に 1 個体確認されましたが、その他の時間には確認できませんでした。アオスジアゲハ、ジャコウアゲハ、ナミエシロチョウ、コノハチョウは確認できませんでした。

④ 2014 年 2 月 16 日（日）

気温は、13.8℃ (8:00)、16.2℃ (11:00)、20.7℃ (14:00)、17.8℃ (17:00) と変動しました。湿度は、58.6% (8:00)、54.5% (11:00)、49.5% (14:00)、51.4% (17:00) と変動しました。

種数は、1 種 (8:00)、3 種 (11:00)、3 種 (14:00)、0 種 (17:00) と変動しました。総個体数は、2 個体（8:00)、3 個体 (11:00)、9 個体 (14:00)、0 個体 (17:00) へと変動しました。

ジャコウアゲハは、2 個体 (8:00)、1 個体 (11:00)、7 個体 (14:00)、0 個体 (17:00) へと変動しました。シロオビアゲハは 11:00 に 1 個体、ナガサキアゲハは 11:00 に 1 個体確認されましたが、その他の時間では確認できませんでした。アオスジアゲハ、イシガケチョウ、ナミエシロチョウ、コノハチョウは、確認できませんでした。

⑤ 2014 年 3 月 25 日（火）

気温は、20.4℃ (8:00)、25.0℃ (11:00)、22.7℃ (14:00)、21.3℃ (17:00) と変動しました。湿度 60.8％ (8:00)、50.4％ (11:00)、62.1％ (14:00)、65.3％ (17:00) と変動しました。

種数は、2 種 (8:00)、8 種 (11:00)、7 種 (14:00)、4 種 (17:00) と変動しました。総個体数は、3 個体（8:00)、25 個体 (11:00)、27 個体 (14:00)、5 個体 (17:00) へと変動しました。

シロオビアゲハは、0 個体 (8:00)、4 個体 (11:00)、7 個体 (14:00)、2 個体 (17:00) へと変動しました。イシガケチョウは、0 個体 (8:00)、3 個体 (11:00)、2 個体 (14:00)、1 個体 (17:00) へと変動しました。アオスジアゲハは 11:00 に 2 個体、ジャコウアゲハは 14:00 に 1 個体、ナガサキアゲハは 14:00 に 8 個体確認されましたが、その他の時間では確認できませんでした。コノハチョウは、2 個体 (8:00)、7 個体 (11:00)、0 個体 (14:00)、0 個体 (17:00) へと変動しました。ナミエシロチョウは確認できませんでした。

⑥ 2014 年 4 月 20 日（日）

気温は、21.9℃ (8:00)、25.7℃ (11:00)、26.9℃ (14:00)、25.8℃ (17:00) と変動しました。湿度は、81％ (8:00)、59.9％ (11:00)、66.6％ (14:00)、63.4％ (17:00) と変動しました。

種数は、4 種 (8:00)、9 種 (11:00)、14 種 (14:00)、2 種 (17:00) と変動しました。総個体数は、5 個体（8:00)、25 個体 (11:00)、42 個体 (14:00)、2 個体 (17:00) へと変動しました。

シロオビアゲハは、0 個体 (8:00)、10 個体 (11:00)、12 個体 (14:00)、1 個体 (17:00) へと変動しました。ジャコウアゲハは、1 個体 (8:00)、1 個体 (11:00)、10 個体 (14:00)、1 個体 (17:00) へと変動しました。イシガケチョウは、1 個体 (8:00)、6 個体 (11:00)、5 個体 (14:00)、0 個体 (17:00) へと変動しました。ナガサキアゲハは、0 個体 (8:00)、1 個体 (11:00)、3 個体 (14:00)、0 個体 (17:00) へと変動しました。アオスジアゲハは 11:00 に 1 個体、ナミエシロチョウは 14:00 に 1 個体、コノハチョウは 14:00 に 1 個体確認されましたが、その他の時間では確認できませんでした。

⑦ 2014 年 5 月 25 日（日）

気温は、22.5℃ (8:00)、28.3℃ (11:00)、25.1℃ (14:00)、24.9℃ (17:00) と変動しました。湿度は、80.7％ (8:00)、57.5％ (11:00)、74.0％ (14:00)、75.0％ (17:00) と変動しました。

種数は、7 種 (8:00)、15 種 (11:00)、14 種 (14:00)、2 種 (17:00) と変動しました。総個体数は、63 個体（8:00)、92 個体 (11:00)、103 個体 (14:00)、11 個体 (17:00) へと変動しました。

シロオビアゲハは、0 個体 (8:00)、7 個体 (11:00)、13 個体 (14:00)、5 個体 (17:00) へと変動しました。アオスジアゲハは、8 個体 (8:00)、19 個体 (11:00)、13 個体 (14:00)、0 個体 (17:00) へと変動しました。ジャコウアゲハは、3 個体 (8:00)、5 個体 (11:00)、3 個体 (14:00)、0 個体 (17:00) へと変動しました。イシガケチョウは、47 個体 (8:00)、25 個体 (11:00)、56 個体 (14:00)、0 個体 (17:00) へと変動しました。ナミエシロチョウは、0 個体 (8:00)、9 個体 (11:00)、2 個体 (14:00)、0 個体 (17:00) へと変動しました。コノハチョウは 11:00 に 3 個体確認されましたが、その他の時間では確認できませんでした。ナガサキアゲハは確認できませんでした。

⑧ 2014 年 6 月 23 日（月）

気温は、26.5℃ (8:00)、28.5℃ (11:00)、28.3℃ (14:00)、28.0℃ (17:00) と変動しました。湿度は、94.4％ (8:00)、84.1％ (11:00)、83.4％ (14:00)、82.9％ (17:00) と変動しました。

種数は、8 種 (8:00)、12 種 (11:00)、13 種 (14:00)、4 種 (17:00) と変動しました。総個体数は、17 個体（8:00)、83 個体 (11:00)、79 個体 (14:00)、8 個体 (17:00) へと変動しました。

シロオビアゲハは、1 個体 (8:00)、8 個体 (11:00)、8 個体 (14:00)、3 個体 (17:00) へと変動しました。アオスジアゲハは、0 個体 (8:00)、21 個体 (11:00)、12 個体 (14:00)、0 個体 (17:00) へと変動しました。ジャコウアゲハは、1 個体 (8:00)、1 個体 (11:00)、2 個体 (14:00)、0 個体 (17:00) へと変動しました。イシガケチョウは、3 個体 (8:00)、17 個体 (11:00)、31 個体 (14:00)、2 個体 (17:00) へと変動しました。ナガサキアゲハは、6 個体 (8:00)、1 個体 (11:00)、5 個体 (14:00)、2 個体 (17:00) へと変動しました。コノハチョウは、0 個体 (8:00)、17 個体 (11:00)、6 個体 (14:00)、0 個体 (17:00) へと変動しました。ナミエシロチョウは確認できませんでした。

⑨ 2014 年 7 月 20 日（日）

気温は、27.2℃ (8:00)、30.3℃ (11:00)、33.1℃ (14:00)、29.3℃ (17:00) と変動しました。湿度は、84.1％ (8:00)、69.2％ (11:00)、58.2％ (14:00)、70.6％ (17:00) と変動しました。

種数は、5 種 (8:00)、7 種 (11:00)、9 種 (14:00)、7 種 (17:00) と変動しました。総個体数は、13 個体（8:00)、30 個体 (11:00)、23 個体 (14:00)、10 個体 (17:00) へと変動しました。

シロオビアゲハは、1 個体 (8:00)、9 個体 (11:00)、1 個体 (14:00)、2 個体 (17:00) へと変動しました。ジャコウアゲハは、6 個体 (8:00)、2 個体 (11:00)、1 個体 (14:00)、1 個体 (17:00) へと変動しました。イシガケチョウは、0 個体 (8:00)、5 個体 (11:00)、5 個体 (14:00)、0 個体 (17:00) へと変動しました。ナガサキアゲハは、3 個体 (8:00)、2 個体 (11:00)、8 個体 (14:00)、1 個体 (17:00) へと変動しました。アオスジアゲハは 14:00 に 2 個体、ナミエシロチョウは 17:00 に 3 個体、コノハチョウは 11:00 に 8 個体確認されましたが、その他の時間では確認できませんでした。

⑩ 2014 年 8 月 9 日（土）

気温は、27.8℃ (8:00)、28.6℃ (11:00)、27.6℃ (14:00)、27.9℃ (17:00) と変動しました。湿度は、83.9％ (8:00)、77.7％ (11:00)、80.6％ (14:00)、78.3％ (17:00) と変動しました。

種数は、4 種 (8:00)、4 種 (11:00)、6 種 (14:00)、5 種 (17:00) と変動しました。総個体数は、11 個体（8:00)、23 個体 (11:00)、25 個体 (14:00)、15 個体 (17:00) へと変動しました。

シロオビアゲハは、0 個体 (8:00)、3 個体 (11:00)、3 個体 (14:00)、9 個体 (17:00) へと変動しました。イシガケチョウは、5 個体 (8:00)、9 個体 (11:00)、13 個体 (14:00)、3 個体 (17:00) へと変動しました。ナガサキアゲハは、4 個体 (8:00)、4 個体 (11:00)、3 個体 (14:00)、1 個体 (17:00) へと変動しました。コノハチョウは、0 個体 (8:00)、7 個体 (11:00)、2 個体 (14:00)、0 個体 (17:00) へと変動しました。ジャコウアゲハは 8:00 に 1 個体確認されまｗしたが、その他の時間では確認できませんでした。ナミエシロチョウは確認できませんでした。

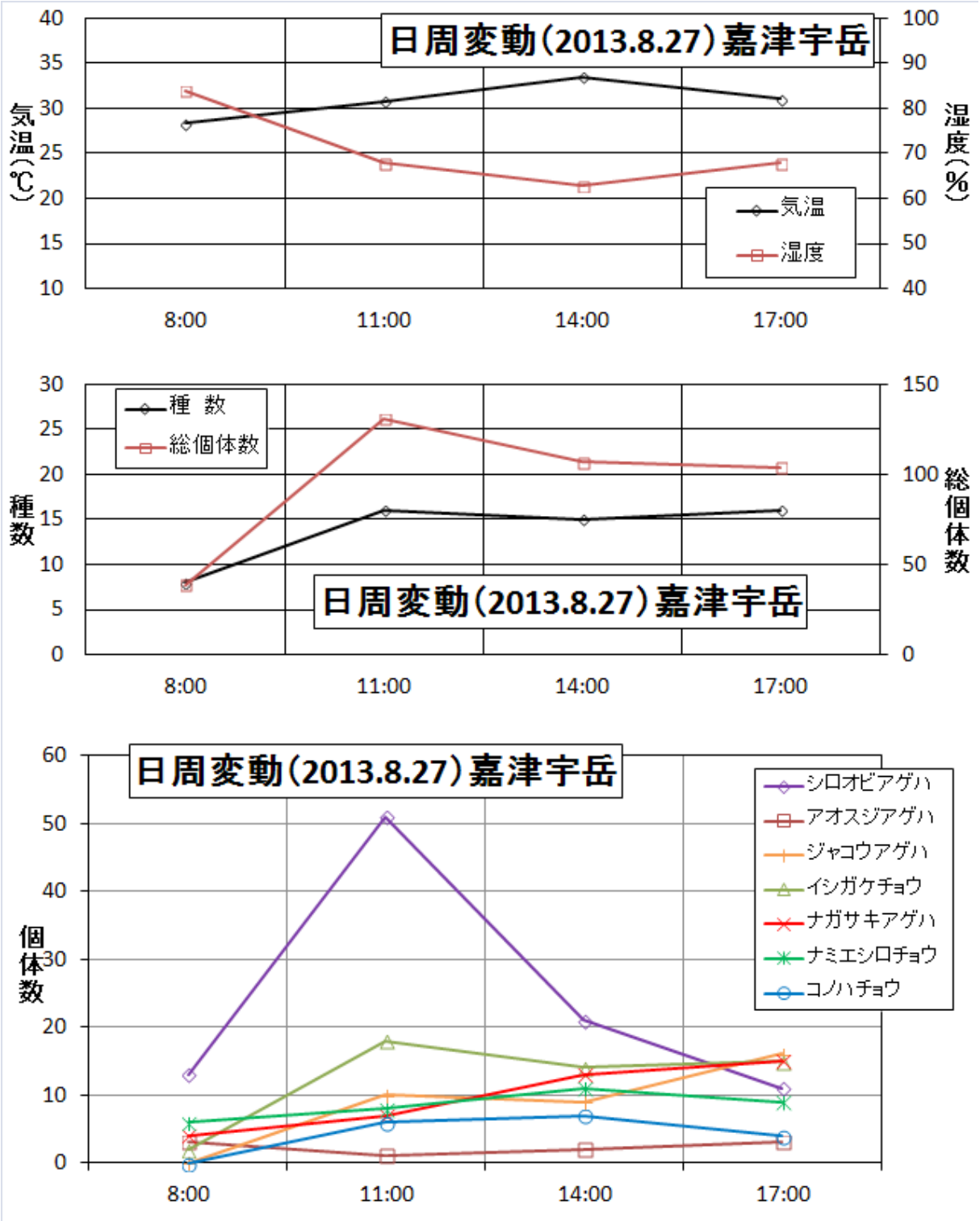


図２　嘉津宇岳におけるチョウの日周変動調査結果（2013 年 8 月 27 日）

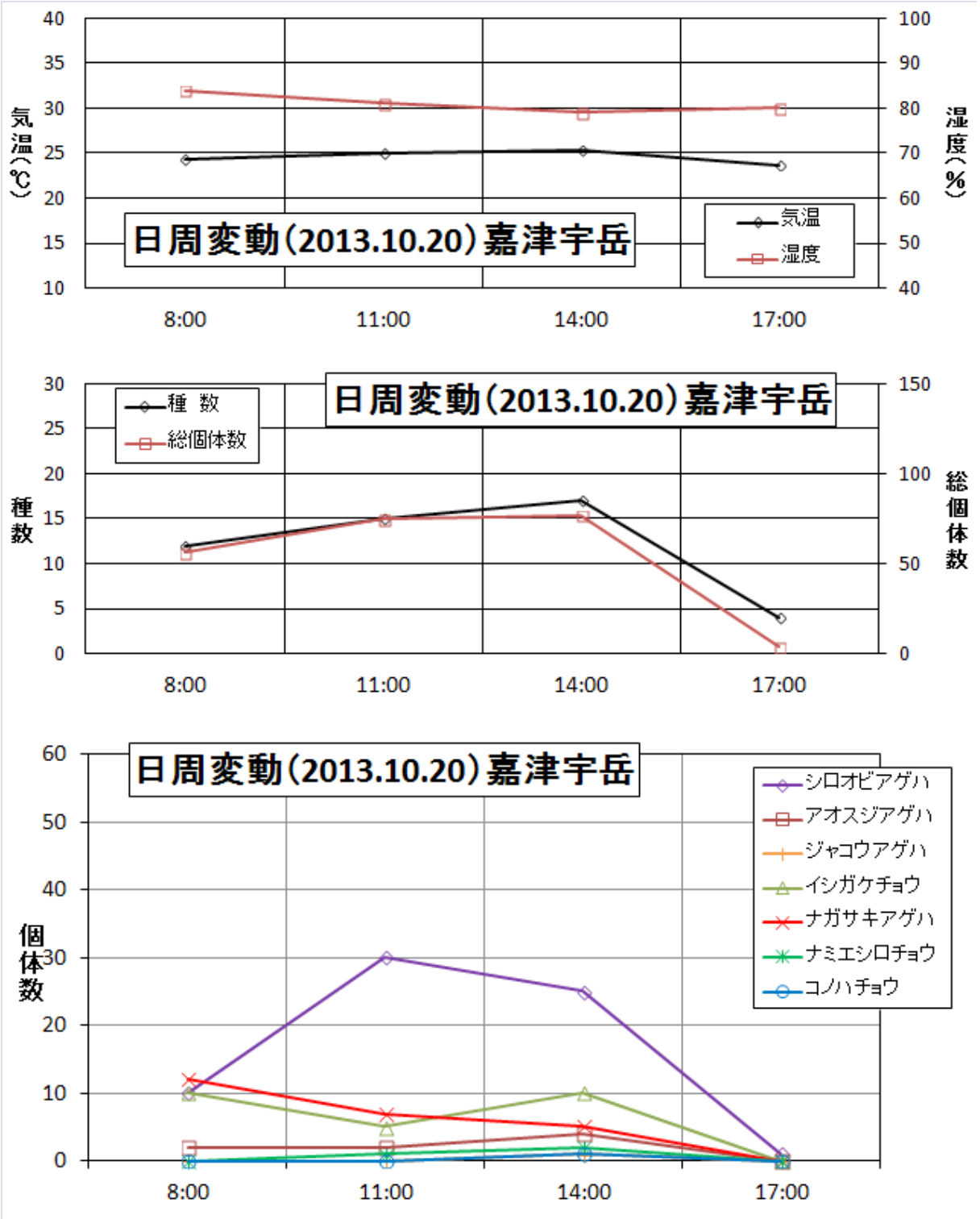


図３　嘉津宇岳におけるチョウの日周変動調査結果（2013 年 10 月 27 日）

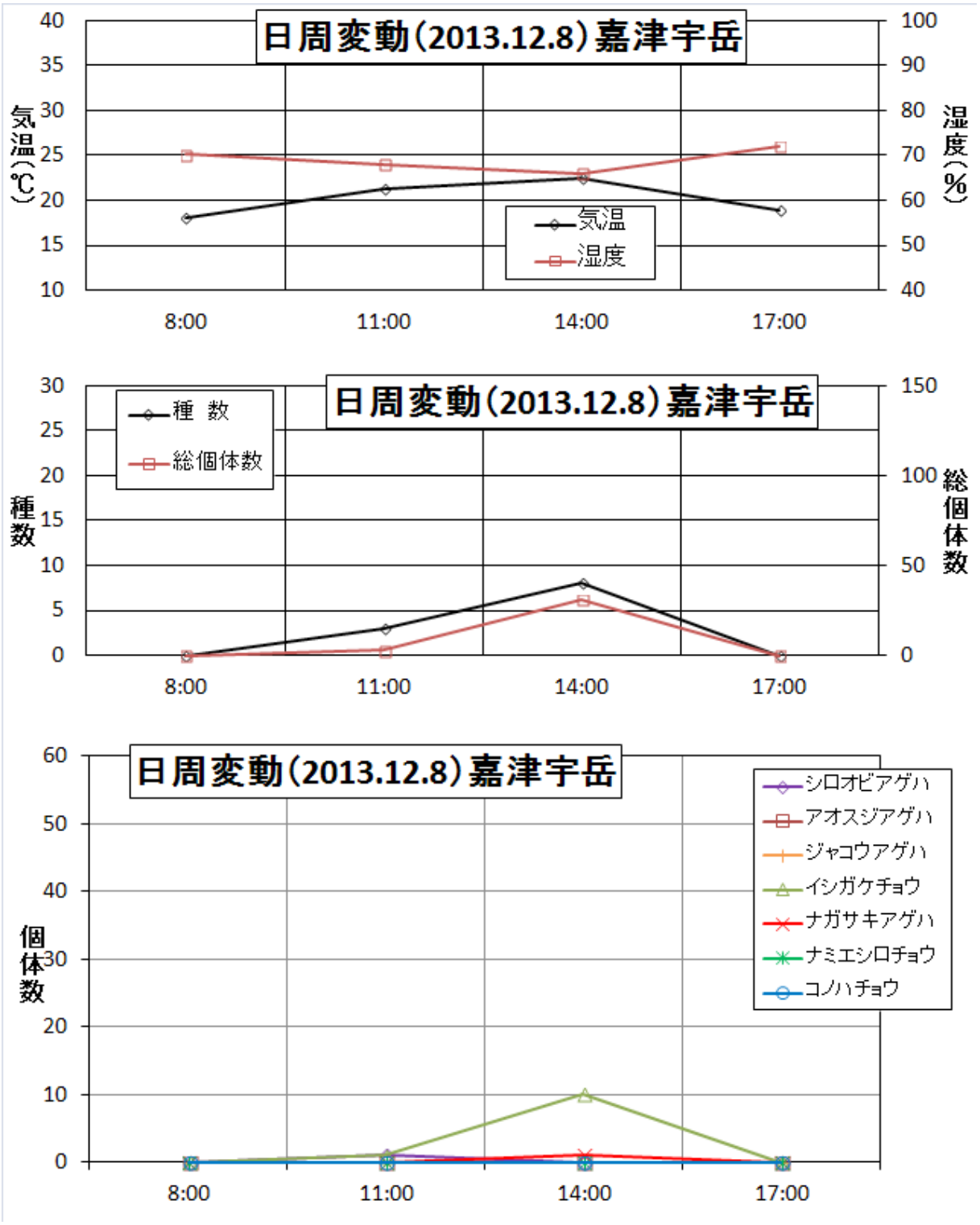


図４　嘉津宇岳におけるチョウの日周変動調査結果（2013 年 12 月 8 日）

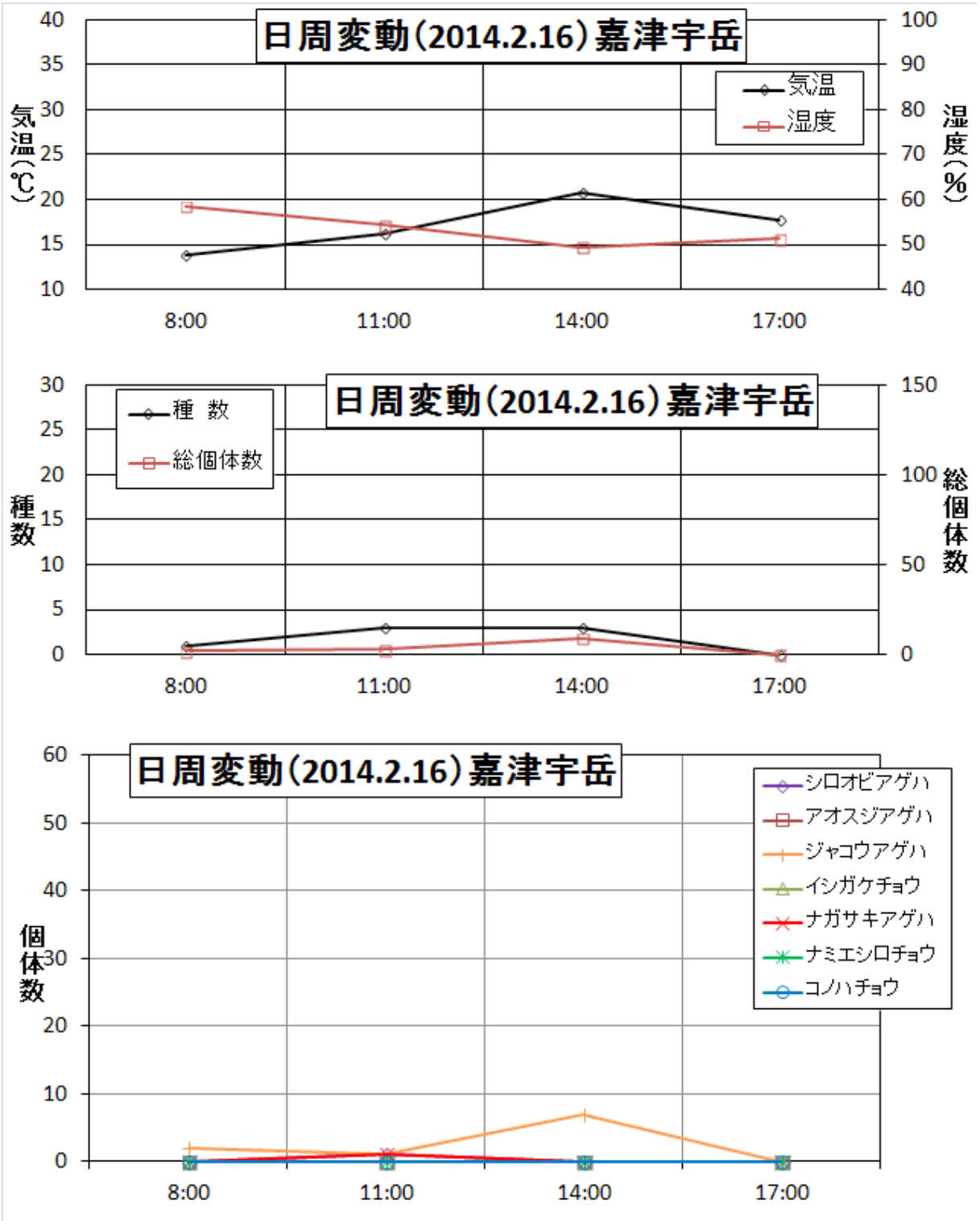


図５　嘉津宇岳におけるチョウの日周変動調査結果（2014 年 2 月 16 日）

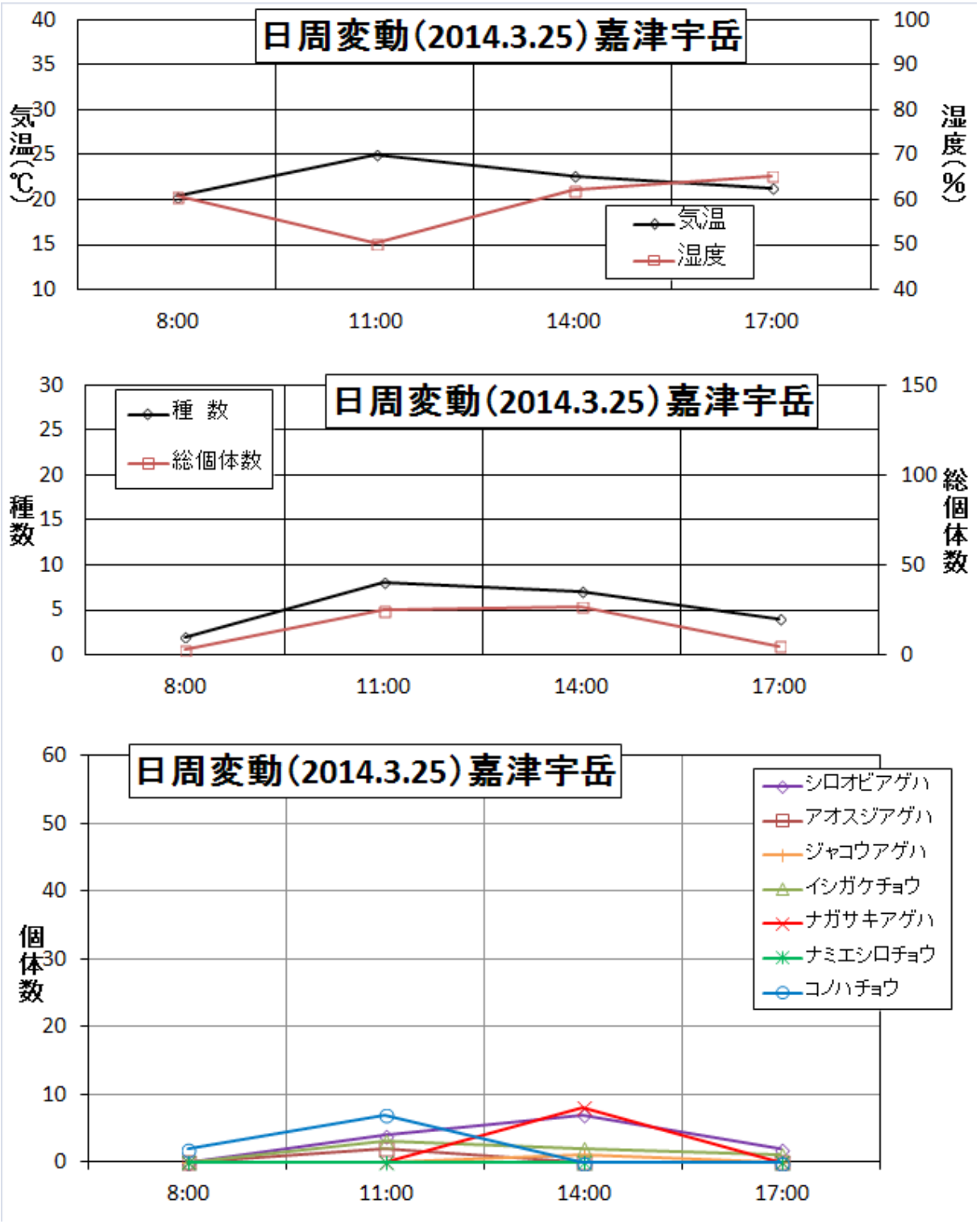


図６　嘉津宇岳におけるチョウの日周変動調査結果（2014 年 3 月 25 日）

図

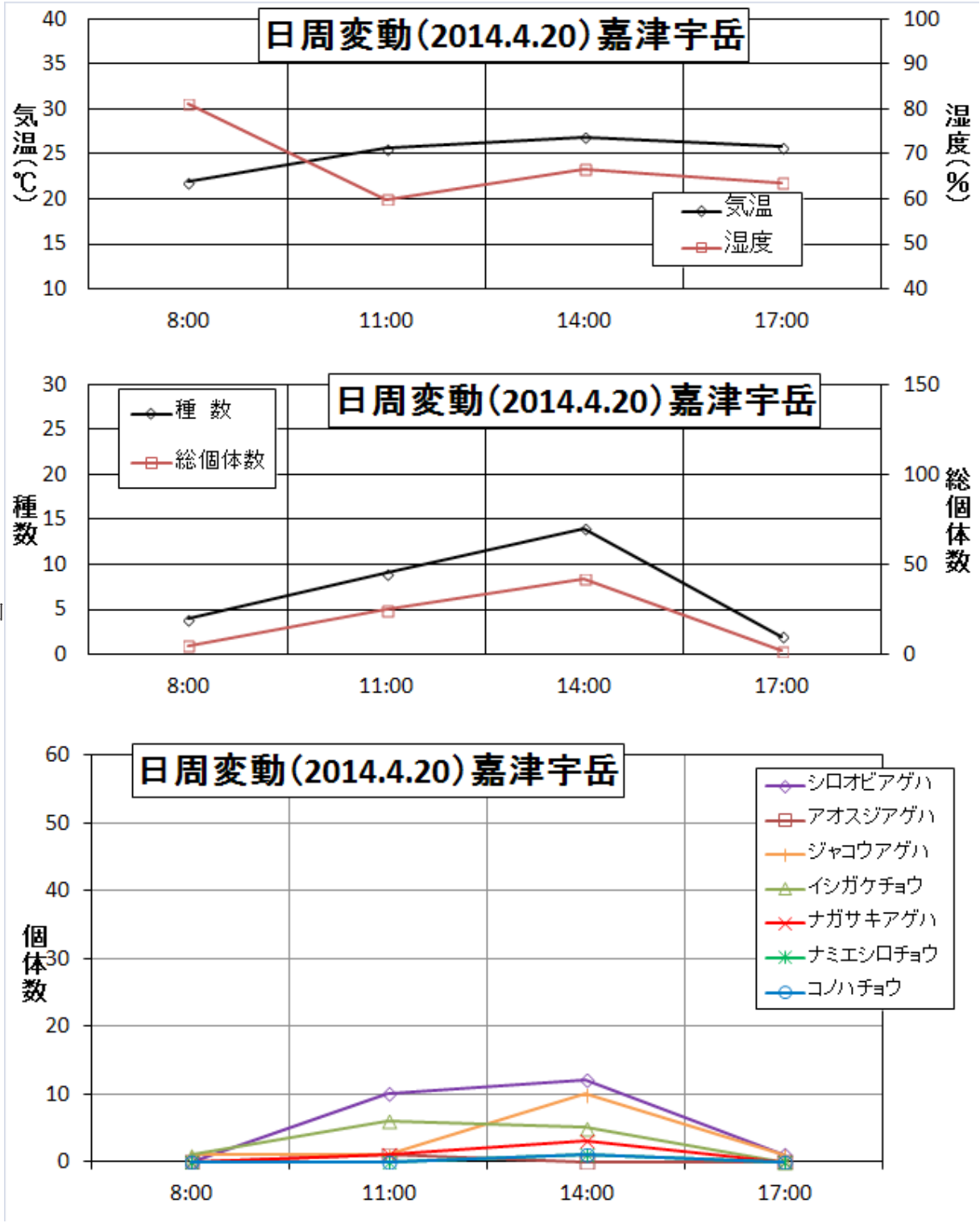


図７　嘉津宇岳におけるチョウの日周変動調査結果（2014 年 4 月 20 日）

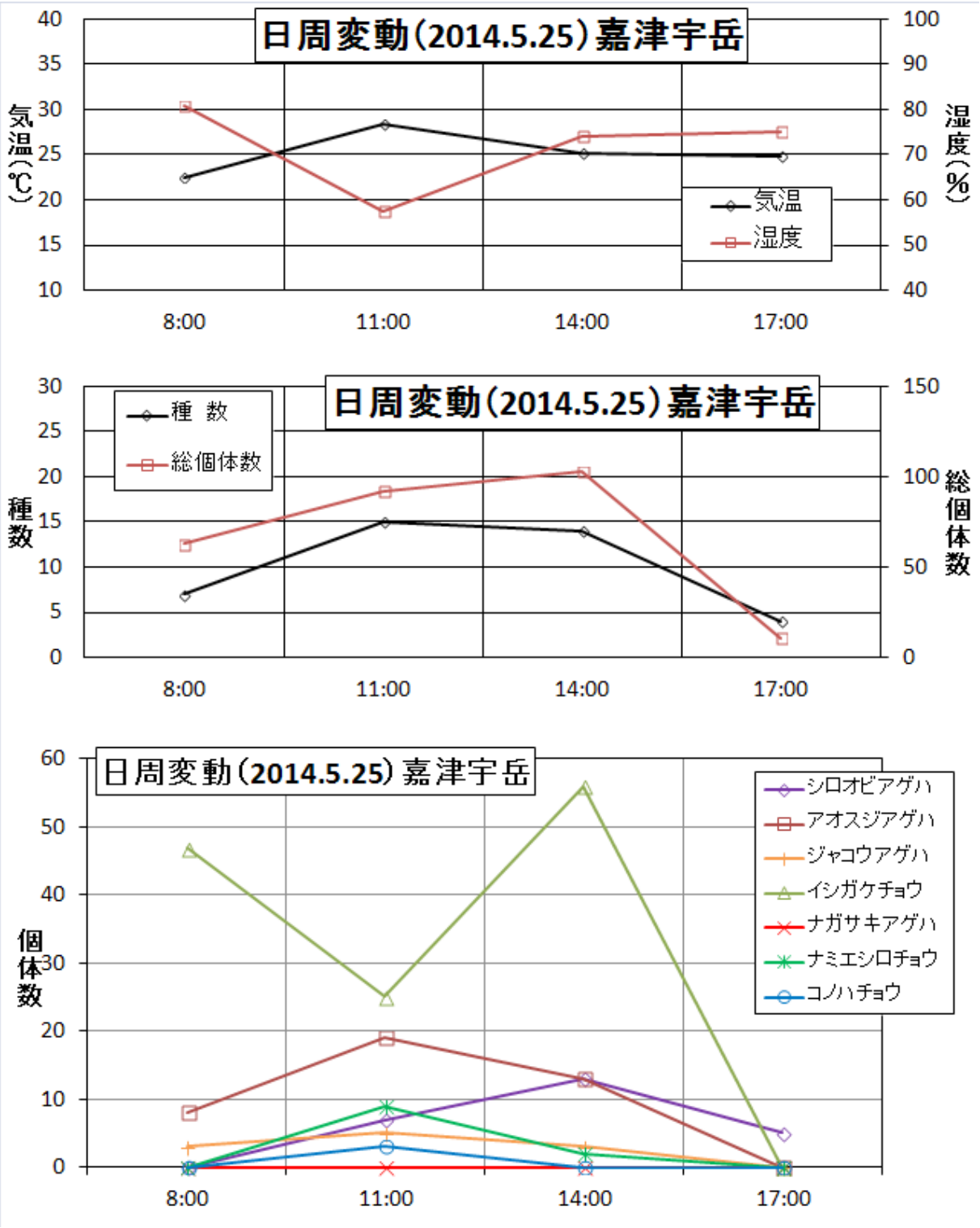


図８　嘉津宇岳におけるチョウの日周変動調査結果（2014 年 5 月 25 日）

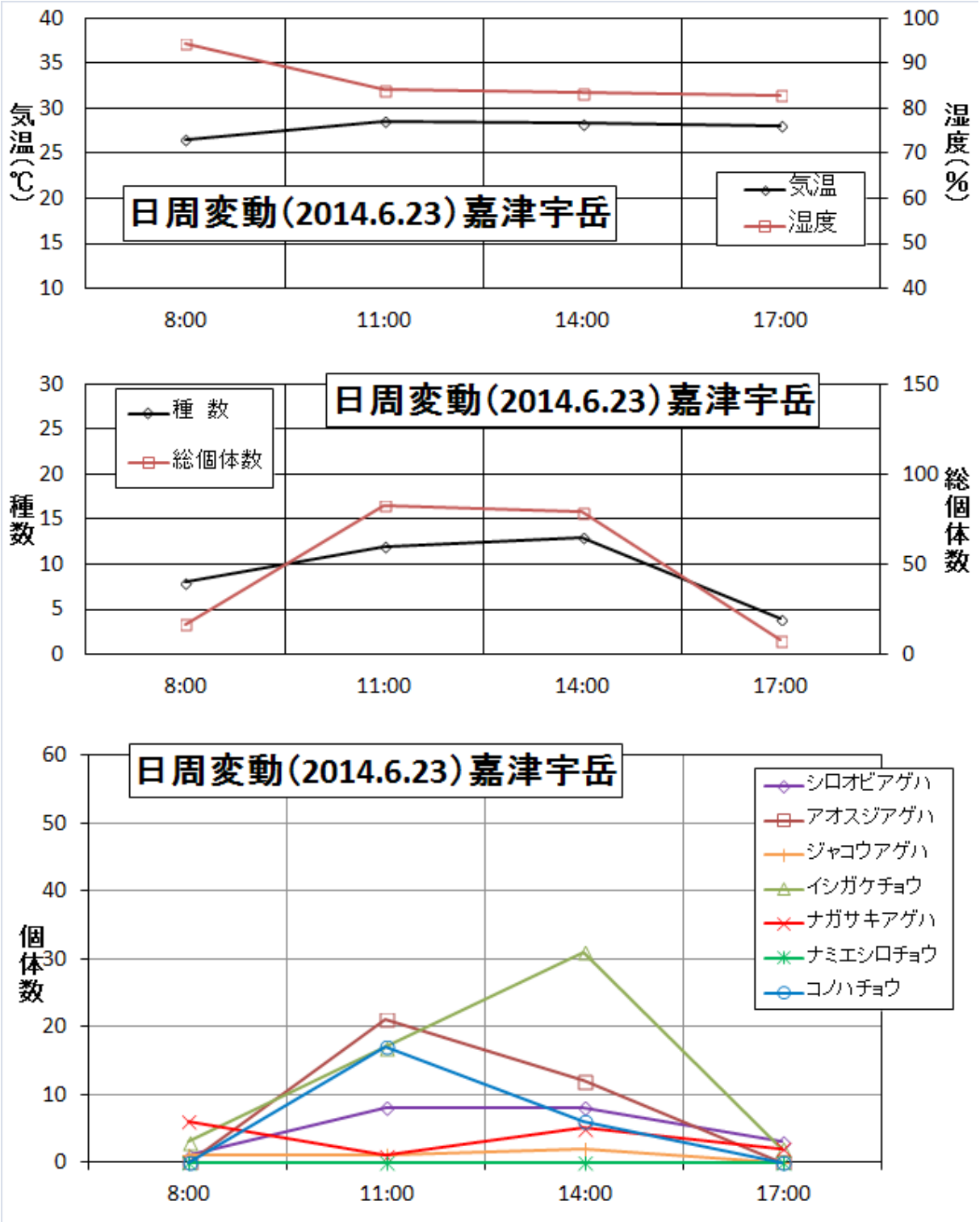


図９　嘉津宇岳におけるチョウの日周変動調査結果（2014 年 6 月 23 日）

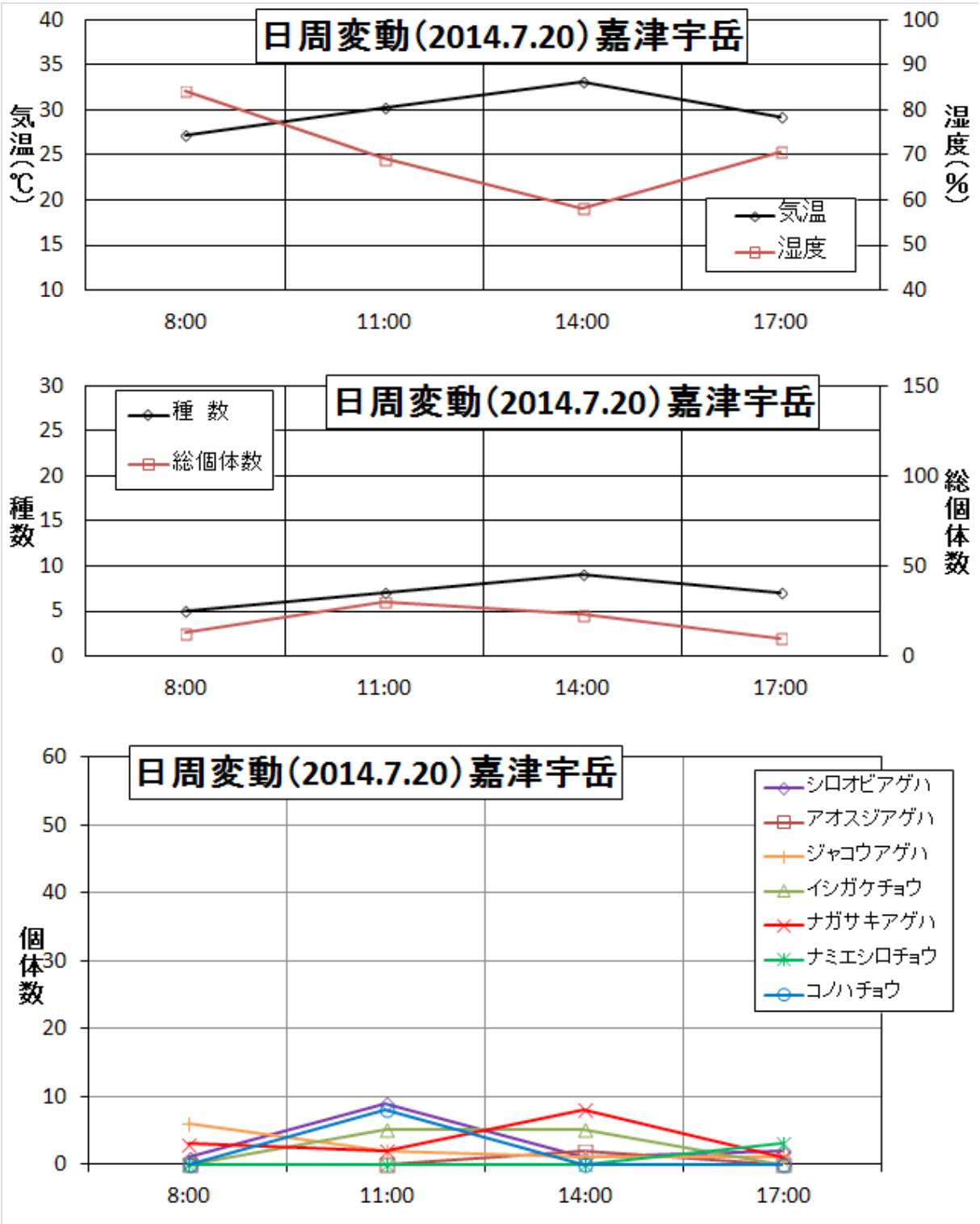


図１０　嘉津宇岳におけるチョウの日周変動調査結果（2014 年 7 月 20 日）

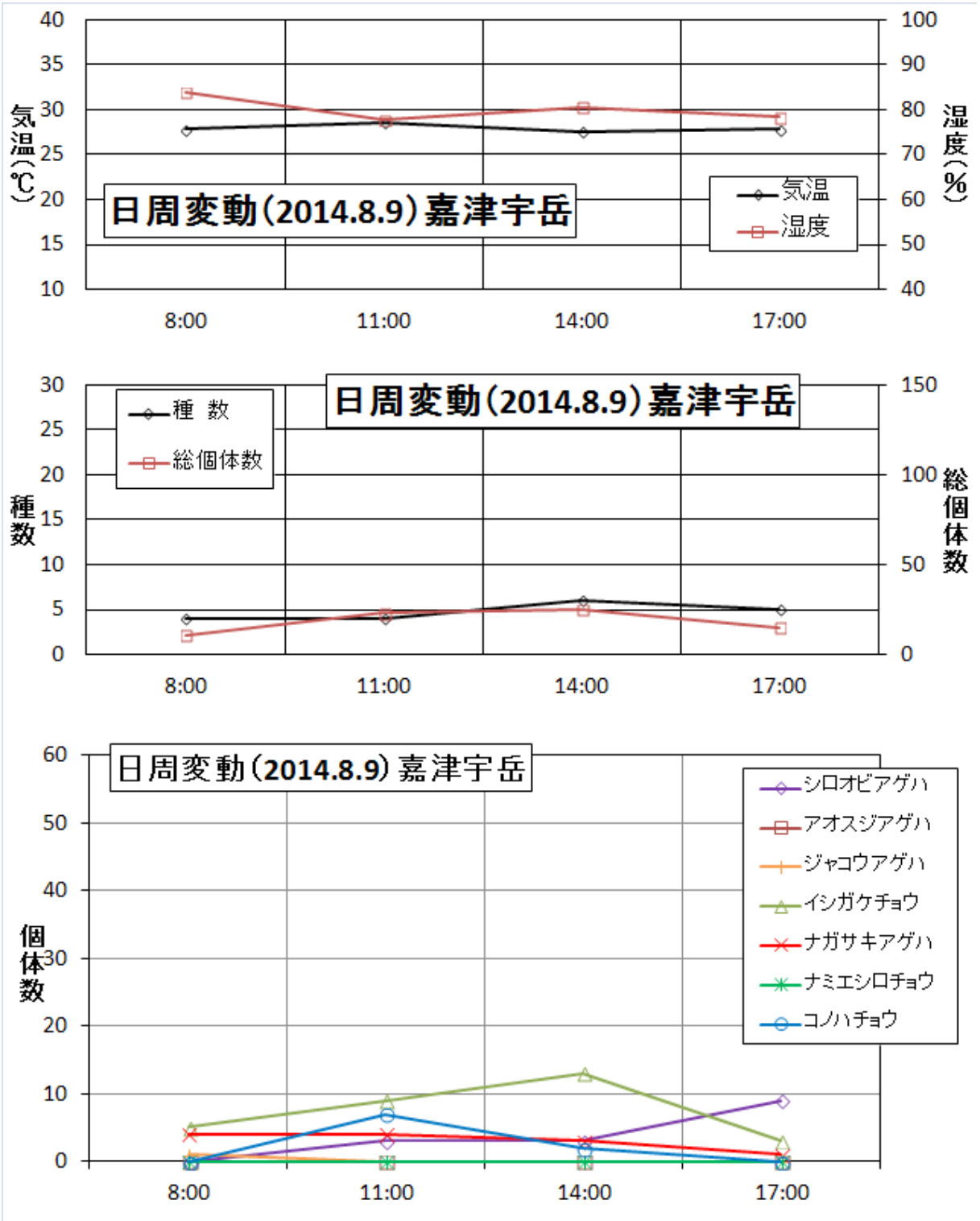


図１１　嘉津宇岳におけるチョウの日周変動調査結果（2014 年 8 月 9 日）

（2）嘉津宇岳におけるチョウの年変動

嘉津宇岳においては、2011 年 10 月～ 2014 年 8 月まで継続調査をしたので、年間のチョウの変動を比べました。図 12 に嘉津宇岳でよく見られるチョウの個体数と種数と総個体数の変動（2011 年 10 月～ 2014 年 8 月）を示しました。2012 年には大型の台風 3 つ、台風 15 号（8/26-27、降水量 125-159mm)、台風 16 号（9/16、降水量 114.5mm)、台風 17 号（9/29、降水量 91mm）が連続して通過し、2014 年は大型の台風 2 つ、台風 8 号（7/8-9)、台風 12 号（8/1）が通過したので、グラフにその位置を示しました。

種数と総個体数でみると、おおむね、例年 3 ～ 4 月に小さなピークがあり、5 ～ 8 月にかけて大きなピークがあり、10 月頃に小さなピークがあるという年 3 回のピークが見られました。台風の終わる時期である 10 月で比較すると、2011 年 10 月 2 日は 18 種、219 個体、10 月 9 日は 19 種、442 個体に対し、台風 17 号通過後の 2012 年 10 月 1 日は 8 種、15 個体、10 月 3 日は 2 種、2 個体であり、大型台風が通過した 2012 年 10 月の種数と総個体数の方が、低い値を示しました。その翌年の 2013 年 10 月 13 日は 16 種、100 個体にまで回復していました。また、例年 8 月には種数と総個体数が多い傾向が見られますが、2014 年では 7 月と 8 月に大きな台風が通過後、個体数が減少する傾向が見られました。

シロオビアゲハでは、2011 年 10 月 2 日は 73 個体、10 月 9 日は 180 個体であるのに対し、2012 年 10 月 1 日は 2 個体、10 月 3 日は 0 個体、10 月 9 日は 10 個体であり、2012 年 10 月の方が、個体数が少なかったです。2013 年 10 月 13 日は個体 47 個体にまで回復していました。

アオスジアゲハでは、2011 年 10 月 2 日は 27 個体、10 月 9 日は 75 個体であるのに対し、2012 年 10 月 1 日は 0 個体、10 月 3 日は 0 個体、10 月 9 日は 2 個体でした。イシガケチョウは、2011 年 10 月 2 日は 26 個体、10 月 9 日は 33 個体であるのに対し、2012 年 10 月 1 日は 0 個体、10 月 3 日は 0 個体、10 月 9 日は 1 でした。2013 年 10 月 13 日は 5 個体でした。

ナガサキアゲハとコノハチョウでは、2011 年 10 月と 2012 年 10 月での出現個体数はどちらも 0 ～ 2 個体であり、大きな差は見られませんでした。しかし、コノハチョウにおいては、2012 年では 4 月から確認できましたが、2013 年では 6 月からようやく確認でき、春季の出現個体が確認されるのが遅かったです。

全体的に見て、大型台風が通過した 2012 年では、前年と比べて 9 ～ 10 月にチョウが激減し、翌年の春季の出現時期が遅くなる傾向が見られました。大型台風が通過しなかった 2013 年では個体数が回復する傾向が見られました。2014 年では 7 月と 8 月の大型台風が通過後に個体数が減少する傾向が見られました。

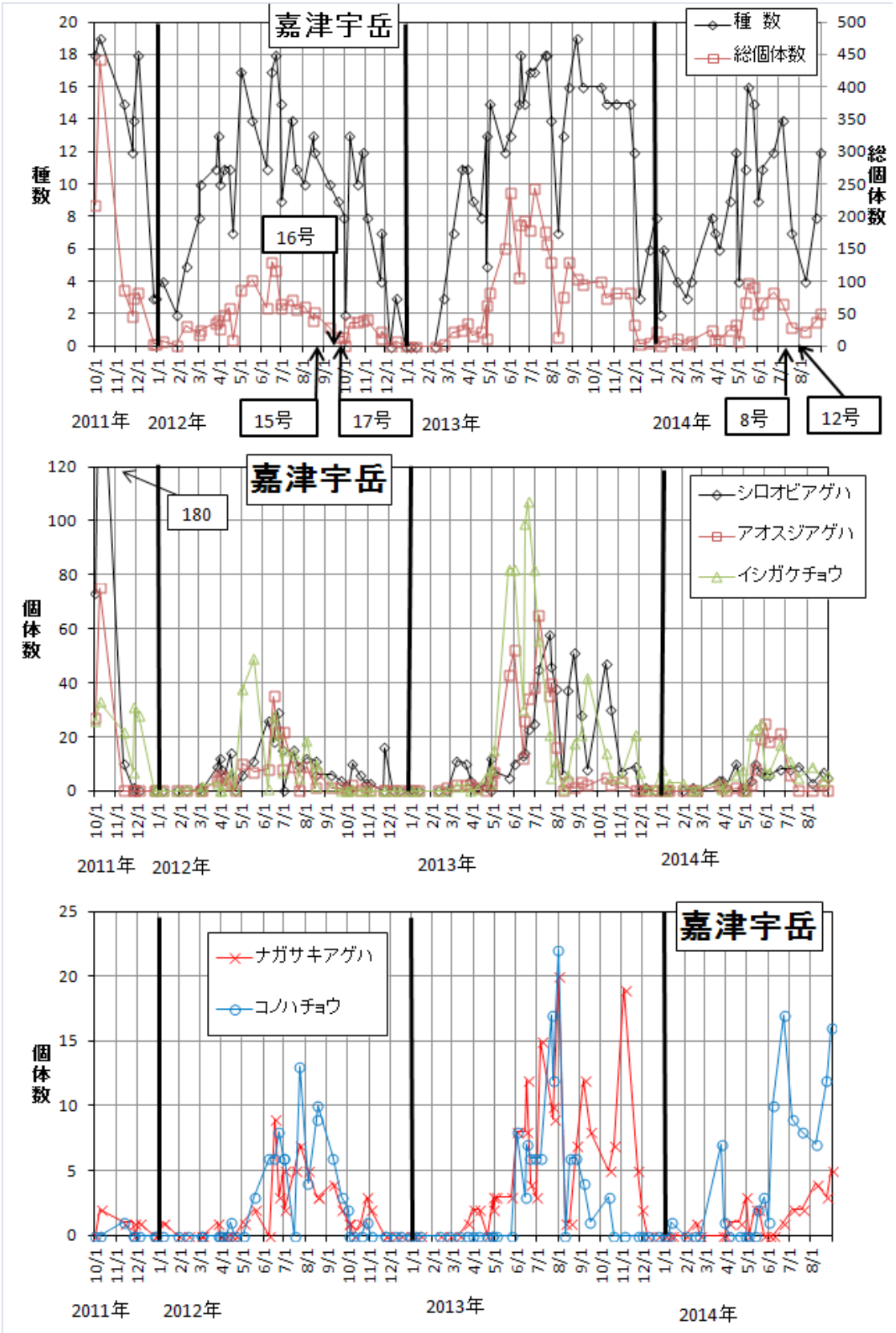


図 12　嘉津宇岳でよく見られるチョウの個体数と種数の年変動（2011 年 10 月～ 2014 年 8 月）
※ 2012 年は大型の台風 3 つ、台風 15 号（8/26-27)、台風 16 号（9/16)、台風 17 号（9/29）が通過。2014 年は大型の台風 2 つ、台風 8 号（7/8-9)、台風 12 号（8/1）が通過。

（３）嘉津宇岳のチョウ検索シート Ver.3 の作成

表 1 にチョウの幼虫の食草を図鑑などで調べて示しました。

これらの調査結果を基にして、嘉津宇岳のチョウ検索シート Ver.3 を作成しました。以下に嘉津宇岳のチョウ検索シート Ver.3 を示します。別刷りにして、ラミネートシートも作成しました。このシートがあれば、嘉津宇岳で見られるチョウの名前を調べることができます。また、成虫の出現期間や幼虫の食草も載せました。成虫の出現期間は、図鑑などに書かれている期間と実際に調査して確認できた期間が多少ずれている部分も見られました。

この検索シートを多くの方々に利用していただきたいです。

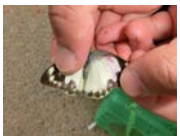
嘉津宇岳のチョウ検索シートVer.3（その２）

続　まとまった緑の残る環境で見られるチョウ（スコア：3点）

ルリタテハ
（食草：サルトリイバラ）
出現：3～12月

リュウキュウヒメジャノメ
（食草：チガヤ、ススキ）
出現：3～11月

アサギマダラ
（食草：サクララン）
出現：10～4月
（図鑑では10～5月）



ナミエシロチョウ
（食草：ツゲモドキ）
出現：2～12月
（図鑑では周年）

リュウキュウアサギマダラ
（食草：ツルモウリンカ）
出現：4～11月
（図鑑では周年）

← 蛹

オオゴマダラ
（食草：ホウライカガミ）
出現：周年

豊かな緑の残る環境で見られるチョウ（スコア：4点）

コノハチョウ
（食草：オキナワスズムシソウ）
出現：4～11月
（図鑑では周年）

モンキアゲハ
（食草：ミカン類）
出現：3～12月
（図鑑では2～12月）

オキナワカラスアゲハ
（食草：カラスザンショウ、ハマセンダン）
出現：3～12月
（図鑑では2～10月）

テングチョウ
（食草：クワノハエノキ）
出現：周年

2014年8月　作成者：北村澪（名護市立屋部中学校2年）　写真：北村澪、育海、崇明

※ｵｷﾅﾜｶﾗｽｱｹﾞﾊの写真は、「Papilio ～蝶と自然と～ by Hiroshi Kuniyasu」（http://homepage3.nifty.com/papilio/index.html ）を転用。

表1　チョウの食草一覧

環境		種名	点	食草名（科名）
緑の少ない環境	よく見れる	シロオビアゲハ	1	ミカン科の植物
		ヤマトシジミ	1	カタバミ（カタバミ科）
		キチョウ	1	マメ科植物
		モンシロチョウ	1	キャベツ（アブラナ科）、ダイコン（アブラナ科）
	畑や草地に多い種	ナミアゲハ	2	ヒレザンショウ（ミカン科）、ミカン科の植物
		ヒメアカタテハ	2	ハハコグサ（キク科）、ヨモギ（キク科）
		アカタテハ	2	ノカラムシ（イラクサ科）
		タテハモドキ	2	イワダレソウ（クマツヅラ科）、スズメノトウガラシ（ゴマノハグサ科）
		アオタテハモドキ	2	イワダレソウ（クマツヅラ科）、オオバコ（オオバコ科）
		ウスイロコノマチョウ	2	イネ（イネ科）、チガヤ（イネ科）
		モンキチョウ	2	マメ科植物
		ウスキシロチョウ	2	ナンバンサイカチ＝ゴールデンシャワー（マメ科）
		カバマダラ	2	トウワタ（ガガイモ科）
		スジグロカバマダラ	2	リュウキュウガシワ（ガガイモ科）
		ツマグロヒョウモン	2	スミレ科の植物
まとまった緑の残る環境	低地林や海岸林の周辺に多い種	アオスジアゲハ	3	タブノキ（クスノキ科）、ヤブニッケイ（クスノキ科）
		ジャコウアゲハ	3	ウマノスズクサ（ウマノスズクサ科）
		ナガサキアゲハ	3	カラスザンショウ（ミカン科）、ハマセンダン（ミカン科）
		イシガケチョウ	3	イヌビワ類（クワ科）、ガジュマル（クワ科）
		メスアカムラサキ	3	スベリヒユ（スベリヒユ科）
		リュウキュウムラサキ	3	ツルノゲイトウ（ヒユ科）、キダチハマグルマ（キク科）
		リュウキュウミスジ	3	タイワンクズ（マメ科）
		ルリタテハ	3	サルトリイバラ（ユリ科）
		リュウキュウヒメジャノメ	3	チガヤ（イネ科）、ススキ（イネ科）
		リュウキュウアサギマダラ	3	ツルモウリンカ（ガガイモ科）
		アサギマダラ	3	サクララン（ガガイモ科）
		オオゴマダラ	3	ホウライカガミ（キョウチクトウ科）
		ツマムラサキマダラ	3	ガジュマル（クワ科）
		ナミエシロチョウ	3	ツゲモドキ（トウダイグサ科）
		ツマベニチョウ	3	ギョボク（フウチョウソウ科）
豊かな緑の残る環境	沖縄島全域	モンキアゲハ	4	ミカン科の植物
		クロアゲハ	4	ミカン科の植物
		オキナワカラスアゲハ	4	カラスザンショウ（ミカン科）、ハマセンダン（ミカン科）
		コノハチョウ	4	オキナワスズムシソウ（キツネノマゴ科）
		テングチョウ	4	クワノハエノキ（ニレ科）
	中北部の森	ミカドアゲハ	5	オガタマノキ（モクレン科）
		リュウキュウウラナミジャノメ	5	オオササガヤ（イネ科）
		フタオチョウ	5	ヤエヤマネコノチチ（クロウメモドキ科）、クワノハエノキ（ニレ科）
		スミナガシ	5	ヤンバルアワブキ（アワブキ科）

６．結果から考えられること（考察）

（１）日周変動

チョウの日周変動については、今回初めて調査しました。

概して、11:00 と 14:00 の調査でチョウの種類数と個体数が多くなる傾向が見られました。ただし、種類によって活動時刻に多少の違いが見られました。本田・加藤（2005.）の「チョウの生物学」によると、「チョウにはそれぞれの種に最適な体温があって（たとえばベニモンアゲハやキシタアゲハの一種 Troides rhadamanthus では 30 ～ 40℃）、これが生息環境や発生時期、あるいは休眠や季節型の発現などとも密接に関連している。」と記載されています。このことから、チョウの種類によって最適な気温も多少異なるのではないかと考えられます。

2013 年 8 月 27 日の調査では、8:00 にチョウの種類と個体数が少なく、11:00 に種類と個体数は増加し、14:00、17:00 まで維持されるという結果が出ました。気温も夕方 17:00 になっても 30℃を下回らない状態でしたので、チョウが活発に活動し続けた可能性があります。

しかし、その後の 2013 年 10 月～ 2014 年 4 月までの調査では、8:00 と 17:00 にはほとんどチョウが見られなかったため、気温の低くなる早朝と夕方にはチョウが活動しにくくなることが分かりました。特に 12 月と 2 月の調査では気温が低いために、あまりチョウが確認できなかったと考えられます。

したがって、今回の研究仮説「チョウは 1 日のうちで気温が上がる 11:00 ～ 14:00 頃、かつ、気温が 17℃以上の時によく飛ぶ。」は、ある程度検証されました。

また、どの月の調査においても、湿度は 8:00 の調査で最高となっていたため、早朝は気温の低さだけではなく、湿度の高さもチョウの活動に影響を及ぼしている可能性が考えられます。

（２）年変動（モニタリング）

嘉津宇岳におけるチョウの年間の変動の比較では、2011 年 10 月～ 2012 年 8 月までの結果では、1 年間に 3 回程度個体数のピークが見られる種類が多かったです。例えば、シロオビアゲハやアオスジアゲハ、ジャコウアゲハ、イシガケチョウ、リュウキュウミスジ、ツマベニチョウ、モンキアゲハ、オキナワカラスアゲハ、コノハチョウは、1 年間に 3 回程度ピークが見られたため、最低でも年 3 世代以上繰り返していると考えられます。

しかし、2012 年 8 月下旬～ 9 月にかけて、大型の台風 3 つ、台風 15 号（8/26-27、降水量 125-159mm)、台風 16 号（9/16、降水量 114.5mm)、台風 17 号（9/29、降水量 91mm）が連続して通過したため、嘉津宇岳の調査ルートの道路では、樹木が倒れ、大量の葉や枝が落ちている状態が続いていました。このことは、2011 年 10 月にはチョウの個体数がピークに達していた種類が多かったのですが、2012 年 10 月にはチョウの個体数が激減し、しばらくチョウの種類と個体数が回復しなかったことと関係している可能性があります。大型台風により、チョウの幼虫の食草が激減し、それによってチョウの生育に影響した可能性が考えられます。2013 年にはチョウの種類数と個体数が回復してきました。2013 年には大型台風が接近しなったため、チョウの食草が回復したと考えられます。しかし、2014 年の 7 月から 8 月にかけて、チョウの種類数と個体数は減少しました。2014 年の 7 月と 8 月には大型台風が通過したため、チョウの種類数と個体数に影響を及ぼしたと考えられます。今後も継続調査によって、チョウの出現状況と台風などの自然災害の影響を見ていきたいです。

７．今後の課題

お父さんと一緒に行った調査で初めてテングチョウを確認することが出来ました。よく見てないと探せない小さなチョウで今までも見逃していたと思います。もっと、注意深く観察できるようになりたいです。

また、日周変動の調査をしたことでチョウの種類によって活動時間帯に多少の差があることがわかりました。今後は、室内実験により、チョウの種類によって活動できる温度を調べたいです。そのためにも、チョウを上手に捕獲できるようになりたいです。

８．感想

嘉津宇岳のバタフライ・ウォッチングも３年が経とうとしています。調査を続けていくと、チョウの名前と模様、尾状突起だけで、見分けているのではなく、チョウの飛び方でも、見分けられるようになりました。昨年度に比べて、捕虫網で捕獲しなくてもチョウを見分けられるようになってきたので、調査を続けてよかったと思いました。私をよく調査に連れて行ってくれたお母さんも、いつの間にかチョウが見分けられるようになっていたので、すごいと思いました。「継続は力なり」という言葉が実感できました。

昨年度は、お兄ちゃんにチョウの写真を撮ってもらうのを手伝ってもらいましたが、今年は自分でも写真を多く撮りました。少しずつですが、チョウの写真を撮るのが上手になってきているような気がします。

チョウの日周変動調査を行ったことで、チョウが 11:00 ～ 14:00 頃によく活動することが分かりました。これまでも、11:00 頃に調査を続けていたので、チョウが最も活発に活動する時間に調査をしているという裏付けが得られたので、とてもうれしいです。

今回は、継続調査である年変動調査（モニタリング調査）の他に、日周変動調査を実施したため、月に１度は１日に嘉津宇岳を４往復しました。日周変動調査を行った日は、３時間ごとに嘉津宇岳に行ったため、調査の量が４倍になり、その他のことは何もできずに大変でした。調査は、休日の土曜日か日曜日に行うことが多かったですが、バスケット部の練習や試合があることも多かったので、調査をする時間を作ることがとても大変でした。調査に連れて行ってくれた、お父さんとお母さんに感謝します。

この調査は、私ひとりでは、続ける事ができませんでした。手伝ってくれた家族に感謝します。

９．謝辞

父や母には、調査に連れて行ってもらい手伝ってくれました。兄、弟も時々ついてきてくれました。兄には、嘉津宇岳のチョウ検索シート Ver.3 その１、その２を作るのを手伝ってもらいました。

この調査は、私ひとりでは、続ける事ができませんでした。手伝ってくれた家族に感謝します。

１０．参考文献

（１）東　清二，1987．沖縄昆虫野外観察図鑑第１巻．（有）沖縄出版．
（２）池原貞夫，1990．いらぶの自然・動物編．伊良部町．
（３）猪又敏男，2006．新装版山渓フィールドブックス㈱　蝶．山と渓谷社．
（４）海野和男，2012．身近な昆虫のふしぎ．ソフトバンククリエイティブ株式会社．
（５）沖縄生物教育研究会，2004．フィールドガイド沖縄の生き物たち．沖縄生物教育研究会．
（６）大野照好，1999．琉球弧　野山の花．南方新社．
（７）師尾信，2003．続　蝶ウォッチング百選．晩聲社．
（８）仲真良英，1980. 沖縄教材植物図鑑．合資会社　沖縄出版．
（９）日本チョウ類保全協会，2012．フィールドガイド　日本のチョウ．誠文堂新光社．
（10）福田春夫・高橋真弓，1998. 蝶の生態と観察．築地書館．
（11）本田計一・加藤義臣，2005．チョウの生物学．東京大学出版会．
（12）湊和雄，1998．南の島の昆虫記．（有）沖縄出版．
（13）屋比久壮実，2004．植物の本．アクアコーラル企画．
（14）屋比久壮実，2005．野草の本アクアコーラル企画．
（15）Hiroshi　Kuniyasu.　Papirio　～蝶と自然と～.
（http://homepage3.nifty.com/papilion/index/html）

講　評

チョウの日周活動と温湿度の関係や、年間をとおしての出現種数・活動個体数の変動を調べた作品です。本研究は、飛び方でチョウの種が区別できるほど足繁く観察地に通い継続的な努力をしていることがすばらしく、また、調査方法もしっかりしています。パネルは、図表の表現も含め、簡潔で理解しやすいものになっています。

日周活動は、８時、11 時、14 時、17 時に調査していて、気温が高くなる季節の 11 時、14 時に多くの個体が活動している傾向が見てとれます。労力的には大変ですが、調査間隔を短くすると日周活動のピークがひと山なのか複数あるのか分かると思いますし、考察で触れているように、種ごとに行動パターンが異なっている場合、その違いを把握できるかもしれません。また、繁殖行動との関係が分かると研究が深まると思いますが、外見で識別できる種はあるでしょうか？

これからも、自分の知りたいことを明確にしながら、研究を発展させていかれることを期待します。

沖 縄 県 教 育 長 賞

第37回沖縄青少年科学作品展

花酵母の探索～アルコール発酵能の測定～

昭和薬科大学附属高等学校
2 年 伊泊 美海　2 年 宮城 真尋　1 年 上地 薫

【動機】

私達は昨年から、アルコール発酵におけるエタノール定量法の研究を行っている。昨年は、アルコール発酵の中間生成物であるアセトアルデヒドを亜硫酸塩を用いて捕捉し、残存した酸化剤の量からエタノール濃度を算出し、精度を分光器で確認した。しかし、操作が煩雑で、実験値の再現性が低く、分光器から算出した値との誤差が大きかった。今年は、操作が簡便迅速で、公害発生源となる試薬を用いず、多数の検体を正確に測定することから、酵素反応を利用した定量法 (酵素法) を確立させたいと考えた。

また、第２回科学の甲子園全国大会の実技競技「灘の酒」の課題の取り組みとして、泡盛工場に見学時に「泡盛製造の大きな課題の 1 つは酒質多様化商品のバリエーションを増やすことであり、そのためにはアルコール生産能力のある新しい酵母が求められている。」と学んだ。そこで泡盛の価値向上に寄与できる研究として、次の研究内容を計画した。

「アルコール生産能力の高い泡盛用酵母の探索」

【目的】

現在主流の泡盛 101 号酵母 (以下 101) とは異なる特性を有する、新たな泡盛用酵母の探索として、自然界（花など）から、アルコールの生産能力が高い酵母を探索する。清酒製造には一般的に、Saccharomyces cerevisiae (以下 S. cerevisiae) に分類される、アルコール発酵能が高い酵母が用いられているので、S. cerevisiae を単離する。さらに、アルコール生産能力を評価するために、エタノールの定量技術が求められるので、簡便かつ迅速な測定が可能である酵素反応を用いた エタノールの定量法 を確立させる。

以上３点を目指し、研究に着手した。

【方針】

1　自然界（花など）から , アルコール発酵能が高い酵母 S.cerevisiae に分類される酵母の分離を行う。

→　研究 1　酵母の分離と発酵能の測定

1　顕微鏡観察による候補株 1 の決定

S.cerevisiae は出芽酵母であるため、顕微鏡観察によって出芽酵母を選抜し、候補菌株とする。

2　アルコール発酵試験による候補株 2 の選定

アルコール発酵能が高い酵母を選ぶために、アルコール発酵試験を行う。

3　酵母の同定

PCR を行い、電気泳動を行った結果 S.cerevisiae と近いサイズのバンドが見られた菌株を選定し、候補株 3 とする。

D1/D2 領域の PCR とシーケンス解析を行い、候補株 3 の同定を行う。

2　S.cerevisiae を単離するために , 酵母の分離を行う条件 (培地など) を工夫する。
→　研究 2　酵母の分離法 (麹汁培地と TTC 培地を用いて) の検討
1　麹汁培地を用いた集積培養
研究 1 で用いたショ糖水の代わりに麹汁培地を用い、集積培養を行う。
2・3　TTC 下層培地での培養・TTC 試験
TTC 試験を行い、赤く染まったコロニーを候補株とする。
4　PCR を行い、電気泳動を行った結果 S.cerevisiae と近いサイズのバンドがあるか調べる。

3　発酵試験法を検討し、発酵の進行について調べる。エタノール濃度の定量法を確立させる。
→　研究 3　発酵試験の検討と簡易定量法の確立
1・2　アルコール発酵試験
時間毎の pH の測定とエタノール濃度の測定を行い、考察する。簡易法でエタノール濃度が高い酵母を選抜する。
3　分光器･ガスクロマトグラフィーの測定結果と簡易定量法の測定結果の比較し、分析精度を評価する。

研究 1　酵母の分離と発酵能の測定

【目的】

顕微鏡観察・発酵試験・PCR により、野生の花から S.cerevisiae を単離する。

【方法】

1-1 酵母の分離

(1)　花酵母の分離源試料として、沖縄県内で 54 種類の花を採集した。

(2)　集積培養

1)　集積培地の調製として、10%ショ糖水をビンの半分程度入れ、ふたをつけてオートクレーブ (高圧蒸気殺菌法) でビンを滅菌 (121℃・1 気圧・20 分間) した。

2)　ショ糖水を冷ました後、花を根元から全部入れてふたをした。(植物はショ糖水につかる程度入れた。)　温度 30℃前後で約 4~7 日間放置した。

図 1　採集した花をショ糖水につけている様子

ショ糖水の液面に泡が出ている事が確認できたので、次の操作を行った。

(3)　YPD 培地の調製

1)　酵母エキス 5 g、ペプトン 10g、グルコース 10g 入れ、蒸留水 500mL で溶解し、100mL ずつ三角フラスコに小分けにし、寒天を 1.5 g ずつ入れた。(YPD 溶液)

2)　二重のアルミホイルで三角フラスコに蓋をし、オートクレーブで滅菌した。

3)　作業台を 80%エタノールで消毒し、シャーレと YPD 溶液に落下菌が入らないようにするために、ガスバーナーで上昇気流を起こし、無菌的に次の操作を行った。

4)　放冷後、培地が固まる前に、YPD 溶液に 10%アンピシリン酸ナトリウムを 100 μ L 入れた。
5)　10%アンピシリン酸ナトリウムを入れたら、シャーレに 10 mL ずつ流し入れ、固めた。

(4)　培地への植菌

花を浸していたショ糖水から直接花酵母を採取すると形成されるコロニーの数が多くなってしまい、顕微鏡で観察しにくくなるため、ショ糖水を希釈して培地に蒔いた。

1)　1 サンプルに対して 5 本の試験管を用意し、各試験管に蒸留水を 9 mL 入れた。
2)　二重にしたアルミホイルで試験管に蓋をした。
3)　ピペットチップと試験管をオートクレーブにかけ滅菌した。
培地を作る時と同様に、オートクレーブからチップと試験管を出す前に作業台を 80%エタノールで消毒した。
また、落下菌が混入するのを防ぐためにガスバーナーで上昇気流を起こした。
4)　サンプルから 1 mL 採り試験管に入れボルテックスを行った。また、この試験管から別の試験管に 1 mL 入れボルテックスした。これを 10^5 倍希釈まで繰り返した。
5)　10^5 倍、10^4 倍、10^3 倍希釈の順に 1 mL ずつ各培地に入れた。
6)　90%エタノールに浸けたコンラージ棒 (spreader) を火がつかなくなるまで何度か火に通し、培地に入れた液が端に行き過ぎないよう、培地全体に均等に広げた。25 ℃に設定したインキュベーターに保管した。
7)　約 2 日でコロニーの形成が確認できたため、コロニーの中から S.cerevisiae のコロニーの色・形・光沢に注目し、乳白色・円～楕円形の光沢のあるコロニーを目視で選び、単離したコロニーに番号をつけた。これを菌株名とした。
(例 20 番の花の 10^3 希釈のコロニー番号 2 →菌株名 20-3-2)
それぞれについて株分けを行った。
54 種類の花から全 130 コロニーに対して株分けを行った。

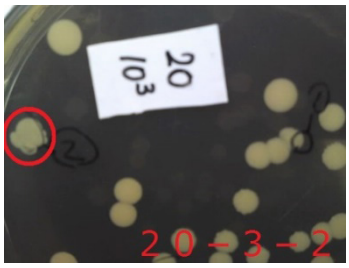


図 2　株分け前のコロニー

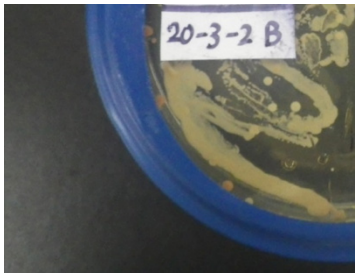


図 3　株分け後のコロニー

(5) 顕微鏡観察

1)　スライドガラスに蒸留水を少量とった。
2)　株分けを行った各サンプルを 1 白金耳ずつとり、スライドガラス上の蒸留水で希釈した。
3)　カバーガラスをかけ、40 × 15 倍で顕微鏡観察を行った。
4)　出芽酵母を選び、株分けした。これらを候補株 1 とした。

1-2　アルコール発酵試験

(1) 培養

1)　試験管に、滅菌した 10%ブドウ糖含有 YPD 液体培地を 1.0 mL 入れ、白金耳で候補菌株を植菌し、3 日間培養した。(前培養)
2)　サンプルびんに 10 mL の培地を入れ、菌が生育し、沈殿が生じた前培養の液を 100 L 入れ 30 ℃で 6 日間培養 (本培養) した。

(2)　エタノール濃度の測定

1)　本培養を行っている液を無菌的に毎日採取し、遠心分離 (3000 rpm,20 分間) を行い上清を得た。
2)　101 と 4 サンプルについては、簡易法 (100 倍希釈) と分光器 (1000 倍希釈) で時間毎のエタノール濃度を測定し、測定値の上昇が止まった時間の濃度を最終のエタノール濃度とした。簡易法と分光器の測定結果を比較した。

3)　全てのサンプルについて、最終のエタノール濃度を簡易法で測定し、101 以上の濃度であったサンプルを候補株 2 とした。

〈酵素反応によるエタノールの簡易定量法〉

【原理】

(1) 試料に NAD^+ を添加するとエタノールは酸化されてアセトアルデヒドになり、NAD^+ は還元されて NADH となる。

$$CH_3CH_2OH + NAD^+ \xrightarrow{ADH} CH_3CHO + NADH + H^+$$

(2) 反応液に、フェナジンメトサルフェート (PMS) とニトロテトラゾリウムブルー (NTB) を加えると、(1) の反応で生成した NADH により PMS が還元される。還元型 PMS と NTB の反応により、NTB が還元されてジホルマザンになる。この反応により、青紫色を呈する。

$$NADH + PMS（酸化型） \longrightarrow NAD^+ + PMS（還元型）$$

$$2PMS（還元型） + NTB \longrightarrow 2PMS（酸化型） + diformazan（青色）$$

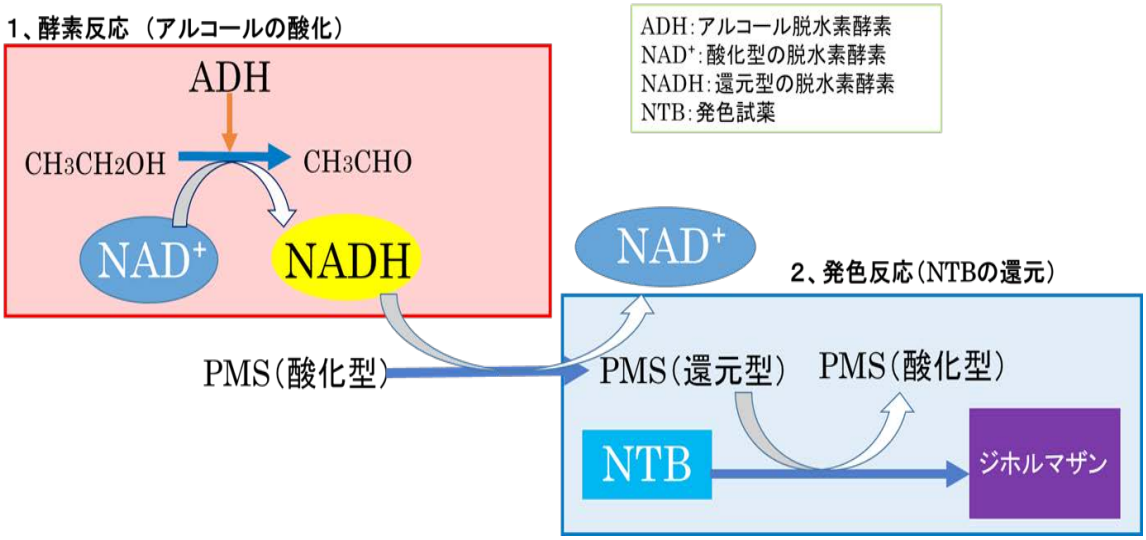


図４　簡易法の原理

【方法】

エタノール濃度 (0.1、0.05、0.02、0.01、0.005、0%（v/v）) の標準試料とともに、数種の試薬を順次添加し、最終的な発色を目視で比較することで、検査試料のアルコール濃度が対照試料より高いか低いかを判断した。

【測定手順】

測定試料：300 μ L
↓
← 100mM リン酸緩衝液　pH7.5 (1%(w/v) TritonX-100 含有)：300 μ L
← 0.4%(w/v) NAD 水溶液：60 μ L
← 10units/mL ADH 水溶液 (in 25mM リン酸緩衝液　pH7.5)：60 μ L
↓
室温で 5 分放置
↓
← 0.01%(w/v) PMS+0.1%(w/v) NTB 水溶液：60 μ L
↓
目視確認

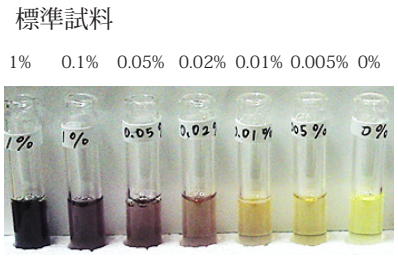


図 5　標準試料の発色

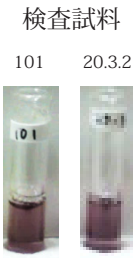


図 6　検査試料の発色

〈F －キットエタノールを用いた分光器でのエタノール定量法〉

【測定原理】

試料中に含まれるエタノールを ADH および AlDH による酸化反応により酢酸に完全に変換する。この時エタノールの２倍量の還元型補酵素 NADH が生成するので、NADH の濃度を分光学的に測定してエタノールの濃度を計算する。NADH は 340 nm において吸収があるのに対して NAD^+ は吸収がないことから、この波長における吸光度を測定することで測定が可能となる。

$$CH_3CH_2OH + NAD^+ \xrightarrow{ADH} CH_3CHO + NADH + H^+$$

$$CH_3CHO + NAD^+ + H_2O \xrightarrow{Al\text{-}DH} CH_3COOH + NADH + H^+$$

【方法】

1. 溶液の調製

(1) メスピペットを用いて溶液 I を三角フラスコにビン 2 の錠剤 1 錠当り 3mL の割合で加えた。

(2) ビン 2 の錠剤 (NAD:4 mg,AlDH0.8 U) をキット付属のピンセットで取り、三角フラスコに加え、泡立てないようにして穏やかに溶解した。試薬が安定するまで約 15 分間放置した。(→溶液Ⅱ)

(3) ビン 3 の酵素懸濁液が均一になるように詮 をしたまま倒してローリング (振盪) した。

2. 試薬及び試料のピペッティングと吸光度測定操作

(1) 各キュベットに各 1.5 mL の溶液Ⅱを加えた。

(2) 試料またはブランク用水 (蒸留水)、各 0.05mL をキュベット内の溶液Ⅱの水面下に流しいれ、キュベットに蓋をして、2~3 回穏やかに転倒混和した。

(3) 混和後、約 3 分間静置した後、分光器 (波長 340 nm) で各キュベットの吸光度 (E_1) を測定した。

(4) キュベットの蓋を少し開けて、溶液Ⅲ 0.025mL 加えて、泡立てないように 2~3 回倒置撹拌した。

(5) 混和後、約 10 分間 室温 (20℃以下) で放置し、吸光度 (E_2) (波長 340mm) を測定した。

3. 濃度の算出

(1) エタノール標準液 (0.0075%、0.0050%、0.0025%、0%) の吸光度 E1、E2 を測定した。

(2) 吸光度差⊿ E ＝ (試料の E2-E1) － (ブランクの E2-E1) を計算し、検量線を作成した。

(3) サンプルを 1000 倍希釈して吸光度の測定を行い、⊿ E の値から検量線の式に代入し、濃度を算出した。

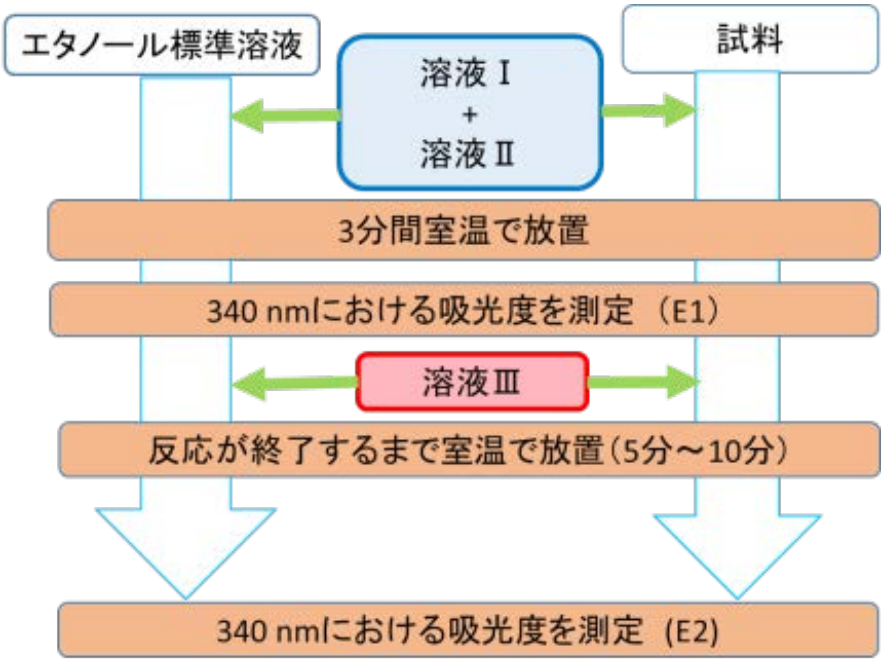


図 7　F- キットエタノールを用いたエタノール濃度の測定方法

F- キットエタノール

溶液Ⅰ　ピロリン酸カリウムバッファー，pH9.0

溶液Ⅱ　1 錠あたり溶液Ⅰ 3 mL で溶解

1 錠 (NAD:4 mg,AlDH0.8 U　含有）

溶液Ⅲ　ADH：7000 U(1U とは、基質濃度、pH、温度、バッファーなどを含む定められた条件のもとで、1 分間に 1 mol の基質を変化させるのに必要な酵素量)

図 8　使用した分光器

1-3　酵母の分類同定試験

(1) SC1/SC2 プライマーを用いた S.cerevisiae の可能性のある菌株 (候補株 3) の選定

1)　酵母からの DNA 調製　(PrepMan　Sample Preparation Reagent を用いた方法)

①　出芽酵母コロニーを白金耳で極少量取った。

②　取った菌を 10 μ L の PrepMan に懸濁し、30 秒以上ボルテックスした。

③　100℃で 10 分間加熱した後、室温に戻した。

④　遠心機 (10,000 rpm、5 分) で遠心した。

⑤　得られた上清のうち 5 μ L を別のマイクロチューブに移した。これを酵母 DNA 溶液として、PCR の鋳型として用いた。

2)　PCR (Polymerase chain reaction)

①　PCR は表 1 に示す組成で試薬を混合した。

②　PCR 反応は表 2 の条件で行った。

表 1　PCR 反応溶液組成

試薬	量
2 × Go Taq Geen Master Mix	10 μ L
SC1 プライマー (10 μ M)	1 μ L
SC2 プライマー (10 μ M)	1 μ L
酵母 DNA 溶液	1 μ L
蒸留水	7 μ L
全量	20 μ L

使用したプライマーの塩基配列

SC1：AACGGTGAGAGATTTCTGTGC

SC2：AGCTGGCAGTATTCCCACAG

表 2　PCR 条件

温度	時間	回数
94℃	5.0 min	× 1
94℃	0.5 min	×30
50℃	1.0 min	
72℃	1.0 min	
72℃	7.0 min	× 1

3)　アガロースゲル電気泳動

①　TAE buffer の 1% (w/v) のアガロースを秤量し、メートルグラスに移した。

②　メートルグラスに、TAE buffer を 10 mL (大きいサイズの場合は 20 mL) 入れた。

③　ラップで軽く覆い、電子レンジで 1-2 分加熱し、アガロースを完全に溶かした。

④　ゲル作成容器にゲル用トレイをはめ、コームをセットし、ゲルを流し込んだ。

⑤　ホコリが入らないようにラップをかぶせて 15 分ほど放置してゲルを固めた。

⑥　電気泳動装置に固めたゲルをのせた。(ゲルのレーンがある側が負極)

⑦　ゲルの上を覆い隠すように、TAE buffer を 300 mL 注いだ。

⑧　Size marker とサンプルを 5-7 μ L アプライし、泳動を開始した。

⑨　loading buffer に含まれる色素を目安に、20-40 分程度で泳動を止めた。(図 9)

泳動後のゲルを GelRed 溶液 (× 5000 倍希釈液) に浸し、ゲルを 15-30 分浸して染色した後 UV トランスイルミネーターで観察した。候補株 2 の中で、S.cerevisiae と近いサイズのバンドがあった菌株を候補株 3 とした。

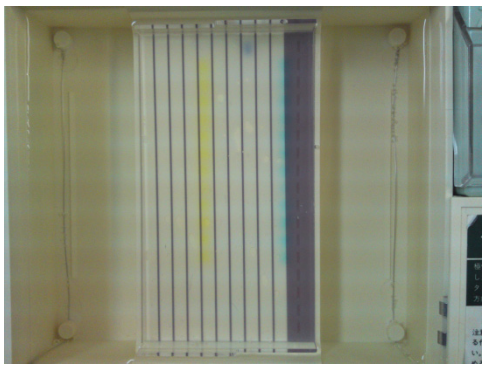


図 9　電気泳動の様子

(2)　D1/D2 領域 (図 10) の PCR と DNA 配列解析

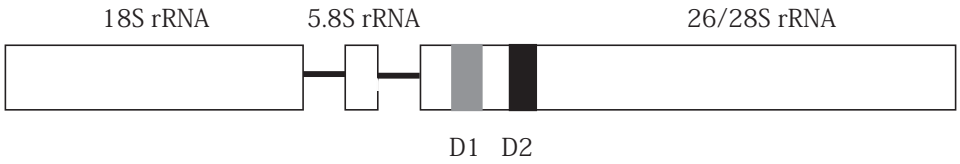


図 10　D1/D2 領域

1) PrepMan Ultra Sample Preparation Reagent を用いて、2-3(1) と同様に、酵母 DNA 溶液を調製した。

2) PCR (Polymerase chain reaction)

①　PCR は表 3 に示す組成で試薬を混合した。

②　PCR 反応は表 4 の条件で行った。

表 3　PCR 反応溶液組成

試薬	量
2 × Go Taq Green Master Mix	10 μ L
NF1 プライマー	1 μ L
NF4 プライマー	1 μ L
酵母 DNA 溶液	1 μ L
蒸留水	7 μ L
全量	20 μ L

表 4　PCR 条件

温度	時間	回数
95℃	5.0 min	× 1
95℃	1.0 min	
45℃	1.0 min	×30
72℃	1.0 min	
72℃	5.0 min	× 1

3)　アガロースゲル電気泳動 (MonoFasDNA 精製キットを使用)

研究 1-3 のゲルの厚さを 2 倍にして、同様の手順で電気泳動を行った。

4)　アガロースゲルからの DNA 抽出

①　アガロースゲルから目的のバンド (図 11) を切り取り、清潔なメスを用いて細かくスライスした。(図 12)

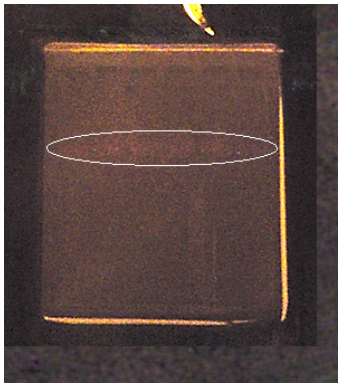


図 11　電気泳動後のゲル (PCR 産物)

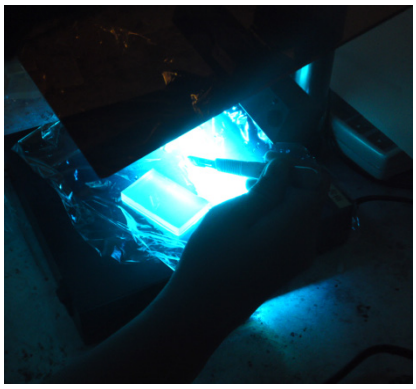


図 12　実験の様子

② ゲルの質量を量り、ゲルと等量の BufferA とともにマイクロチューブに入れた。
(例：ゲルが 50 mg の時、BufferA は 50 mL)
③ 60 ℃で 5 分間保温し、ゲルを完全に溶解した。
④ スピンカラムに溶解した試料を入れ (吸着)、遠心した。(9,000 xg、30 秒間)
⑤ BufferB を 500 μ L 入れ (洗浄)、遠心した。(9,000 xg、30 秒間)
⑥ スピンカラムをマイクロ遠心チューブに付け替え、BufferC を入れて (溶出) 遠心した。(9,000 xg、1 分間)

5) 塩基配列の依頼分析
PCR 産物の塩基配列解析用の溶液は、PCR 産物と配列解析用プライマー (1 種類のみ、6.4pmol) を下記の表に示す量を混合し、精製水で 14μL に fill up して調製した。

表 5　PCR 産物の塩基配列解析用の溶液

PCR 産物の長さ	シーケンスに必要な DNA の量
100-200bp	2-6ng
200-500bp	6-20ng
500-1000bp	10-40ng
1000-2000bp	20-80ng

6) 得られた塩基配列の解析
得られた塩基配列は、その解析波形を確認した後、配列を以下のサイトで BLAST 解析にかけた。
サイト：http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi

【結果】
方法 1-1(5) で得られた結果
以下の写真は出芽酵母 (101, 20-3-2) の写真である。

図 13　出芽酵母（101）

図 14　出芽酵母（サンプル 20-3-2）

全 130 菌株中 37 菌株が出芽酵母 (候補株 1) であった。

方法 1-2(1) で得られた結果

前培養で沈殿が生じ、菌の生育が確認できたサンプルが、37 サンプル中 29 サンプルあった。

方法 1-2(2) 2）で得られた結果

101 と 4 サンプルについて、時間毎のエタノール濃度を分光器で測定した結果を以下に示す。

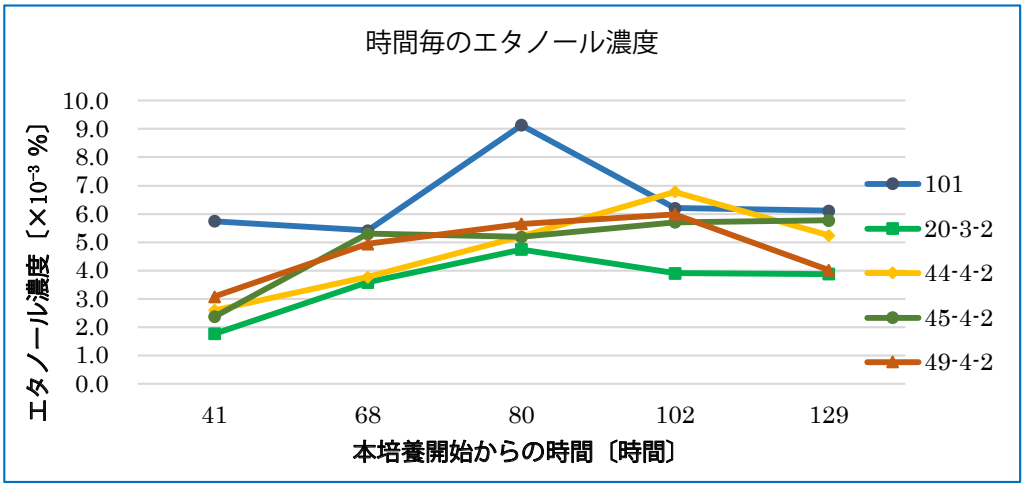


図 15　時間毎のエタノール濃度

表 6　時間毎のサンプルのエタノール濃度〔× 10^{-3}%〕

	41 時間後	68 時間後	80 時間後	102 時間後	129 時間後
101	5.7	5.4	9.1	6.2	6.1
20.3.2	1.8	3.6	4.7	3.9	3.9
44.4.2	2.6	3.8	5.2	6.8	5.2
45.4.2	2.4	5.3	5.2	5.7	5.8
49.4.2	3.1	4.9	5.6	6.0	4.0

- 上のグラフより、101 と 20-3-2 は本培養開始から 80 時間後、44-4-2 と 49-4-2 は 102 時間後、45-4-2 は 129 時間後にエタノール濃度が最も高くなった。
- 41 時間後は 101 が他のサンプルに比べて 2 倍から 4 倍高かったが、129 時間後には 44.4.2 と 45.4.2 は 101 と同程度のエタノール濃度を示した。一方、20-3-2 と 49-4-2 は 101 の半分のエタノール濃度であった。

以下に、濃度の算出に用いた測定値を示す。

(1) 検量線

表 7　41h, 102h, 129h(①) のサンプルに対する検量線の測定値

濃度	E1	E2	E2-E1	ΔE
0.0000%	0	0.063	0.063	0
0.0025%	0.017	0.183	0.166	0.103
0.0050%	-0.049	0.253667	0.302667	0.239667
0.0075%	-0.02133	0.353333	0.374667	0.311667

表 8　68h, 80h のサンプルに対する検量線 (②) の測定値

濃度	E1	E2	E2-E1	ΔE
0.0000%	0.002333	0.088333	0.086	0
0.0025%	-0.01767	0.124333	0.142003	0.056003
0.0050%	-0.00467	0.262667	0.267337	0.181337
0.0075%	-0.00867	0.336667	0.345337	0.259337

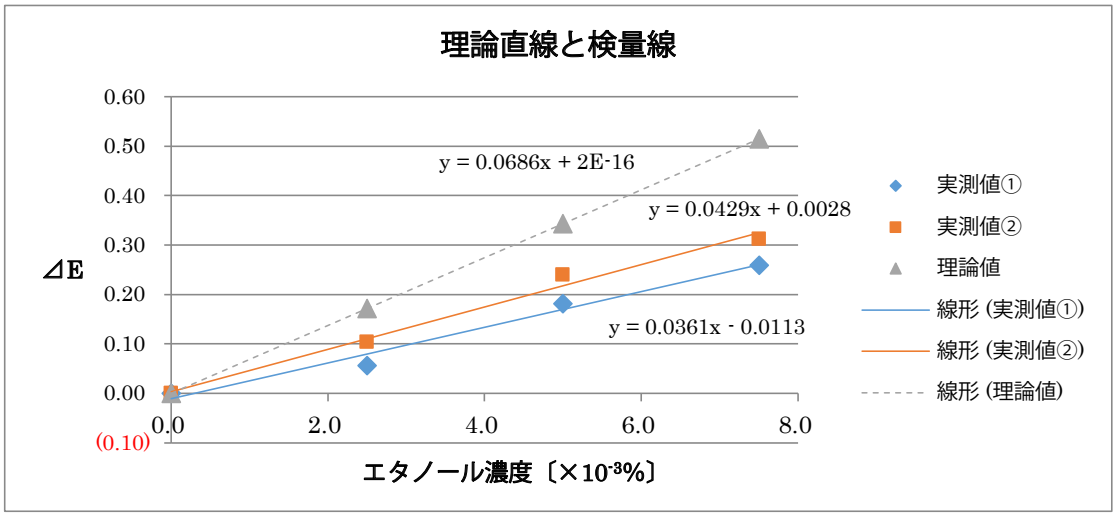


図 16　理論直線と作成した検量線

■　作成した検量線は、いずれも理論直線より傾きが小さかった。

表 9　41 時間後　サンプルの測定値と濃度の算出

サンプル名	E1	E2	E2-E1	Δ E	濃度（検量線②に代入） (サンプルー 0.0028)/4286.7
ブランク	0.002783	0	-0.00278	0	0.0000%
101	0.032205	0.278311	0.246107	0.24889	0.0057%
20.3.2	0.017494	0.093035	0.075542	0.078325	0.0018%
44.4.2	0	0.111324	0.111324	0.114108	0.0026%
45.4.2	0.01153	0.112915	0.101385	0.104168	0.0024%
49.4.2	0.058048	0.189649	0.131601	0.134385	0.0031%

表 10　68 時間後　サンプルの測定値と濃度の算出

サンプル名	E1	E2	E2-E1	Δ E	濃度 (検量線①に代入) (サンプル＋ 0.0113)/3613.4
ブランク	0.002	0.095667	0.093667	0	0.0000%
101	0.031	0.309	0.278	0.184333	0.0054%
20.3.2	0.060667	0.272667	0.212	0.118333	0.0036%
44.4.2	-0.027	0.191667	0.218667	0.125	0.0038%
45.4.2	0.038667	0.312667	0.274	0.180333	0.0053%
49.4.2	0.039667	0.300667	0.261	0.167333	0.0049%

表 11　80 時間後　サンプルの測定値と濃度の算出

サンプル名	E1	E2	E2-E1	Δ E	濃度 (検量線①に代入) (サンプル＋ 0.0113)/3613.4
ブランク	0.001667	0.083667	0.082	0	0.0000%
101	0.025667	0.426333	0.400667	0.318667	0.0091%
20.3.2	0.002333	0.244333	0.242	0.16	0.0047%
44.4.2	-0.03	0.229	0.259	0.177	0.0052%
45.4.2	0.089667	0.347667	0.258	0.176	0.0052%
49.4.2	0.041	0.315667	0.274667	0.192667	0.0056%

表 12　102 時間後　サンプルの測定値と濃度の算出

サンプル名	E1	E2	E2-E1	Δ E	濃度 (検量線②に代入) (サンプルー 0.0028)/4286.7
ブランク	0.001	0.056333	0.055333	0	0.0000%
101	0.035667	0.359667	0.324	0.268667	0.0062%
20.3.2	0.059	0.284667	0.225667	0.170333	0.0039%
44.4.2	0.012	0.360667	0.348667	0.293333	0.0068%
45.4.2	0.057	0.359667	0.302667	0.247333	0.0057%
49.4.2	0.028333	0.343	0.314667	0.259333	0.0060%

表 13　129 時間後　サンプルの測定値と濃度の算出

サンプル名	E1	E2	E2-E1	Δ E	濃度 (検量線②に代入) (サンプルー 0.0028)/4286.7
ブランク	0.0005	0.06	0.0595	0	0.0000%
101	0.001	0.325333	0.324333	0.264833	0.0061%
20.3.2	-0.01733	0.211	0.228333	0.168833	0.0039%
44.4.2	-0.02267	0.264333	0.287	0.2275	0.0052%
45.4.2	0.016667	0.326333	0.309667	0.250167	0.0058%
49.4.2	-0.00333	0.231	0.234333	0.174833	0.0040%

時間毎のエタノール濃度の簡易法の測定値と分光器の測定値を比較した結果を以下に示す。

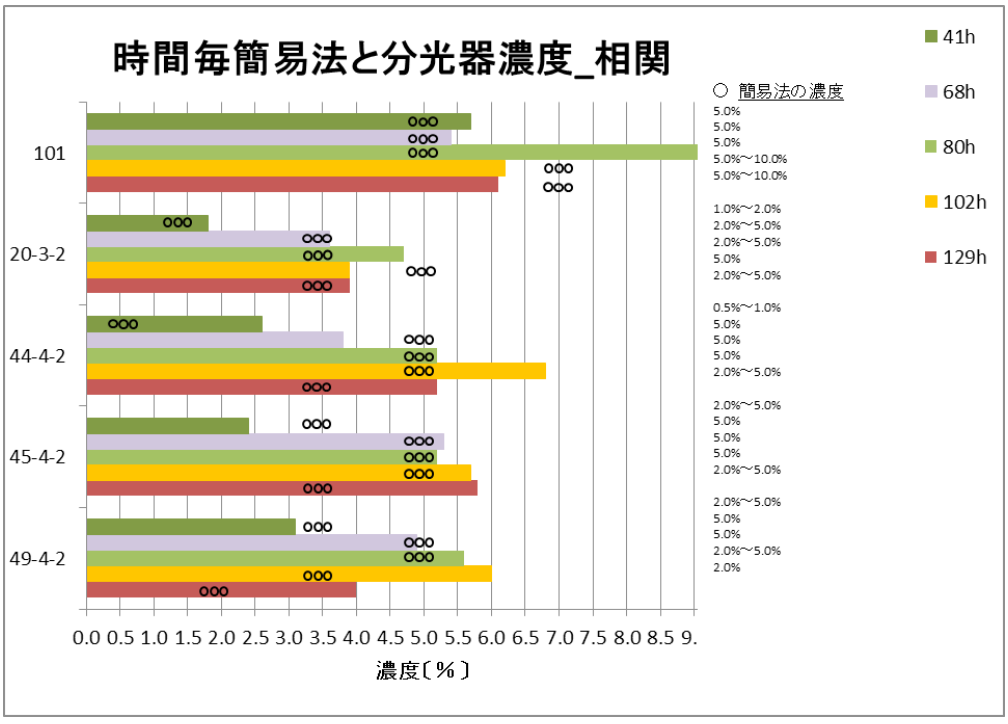


図 17　時間毎のエタノール濃度 (簡易法と分光器で測定、原液濃度に換算)

■ 図 17 より、簡易定量法で判断した濃度の範囲内に分光器の値が入っているものが、全 25 回の測定の中で、16 回あった。範囲内には入っていないものも、原液濃度に換算して誤差はおよそ 2%以内であった。

表 14　簡易法で測定したエタノール濃度

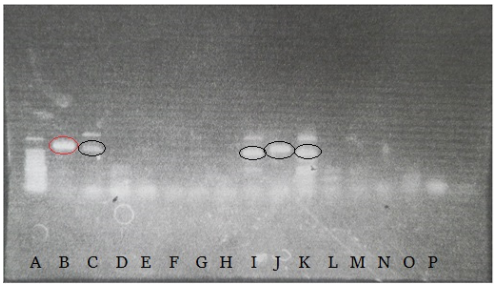
方法 1-2(2) 3) で得られた結果

サンプル名 ＼ 濃度	1.0%	0.10%	0.050%	0.020%	0.010%	0.0050%	0.0%
*101			■				
*53.3.2			□				
*44.4.2			□				
*49.4.2			□				
*45.4.2			□				
*20.3.2			□				
*27.4.3			□				
*20.4.3			□				
*45.5.3			□				
*49.3.1			□				
*42.3.4			□				
*53.4.3		□					
33.3.1							□
42.4.3				□			
9.4.1						□	
30.3.1				□			
48.4.2				□			
44.3			□				
42.5.1				□			
38.4.3						□	

■ 簡易法による測定の結果、101 と等濃度のものが 8 サンプル、101 より高濃度のものが 3 サンプルあった。これら 11 菌株を候補株 2 とした。

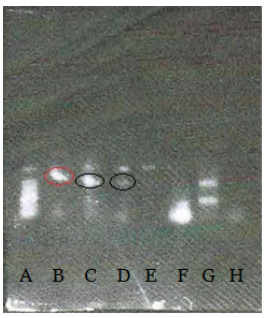
方法 1-3(1) で得られた結果

電気泳動後のゲルの写真を以下に示す。S.cerevisiae と近いサイズのバンドを丸で囲み、表に示した。候補株 3 としたものは、表の菌株名に下線を付した。



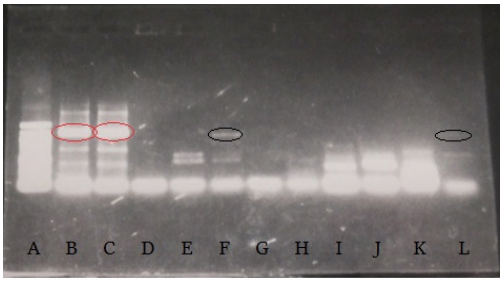
A	Size Marker	G	16-4-1	M	44-4-2
B	101	H	53-3-2	N	9-3-1
C	38-4-3	I	53-4-3	O	48-3
D	45-4-2	J	49-3-1	P	50-4
E	45-5-3	K	45-3-1		
F	27-4-3	L	44-5-3		

図 18　(SC1/SC2) 電気泳動の結果 1



A	Size Marker
B	101
C	20-3-1
D	20-3-2
E	22-3-2
F	50-5
G	49-4-2
H	49-3-1

図 19　(SC1/SC2) 電気泳動の結果 2



A	Size Marker	G	20-4-4
B	101	H	22-3-1
C	101	I	25-5
D	H3.1	J	31-4
E	17-3	K	38-2
F	20-4-3	L	42-3-4

図 20　(SC1/SC2) 電気泳動の結果 3

■　候補株 3 は 5 菌株あった。

方法 1-3(2) で得られた結果

以下の表は、塩基解析を行い、種の同定を行った結果である。

表 5　酵母の分離源である花の名前と、同定した菌株名

20.3.2	ニチニチソウ	45.4.2	キジムシロ
100%	Metschnikowia koreensis	97%	Wickerhamomyces sp.
99%	Metschnikowia koreensis		Pichia sp.
	Metschnikowia sp.		Wickerhamomyces edaphicus
	Uncultured Metschnikowia		Pichia anomala
20.4.3	ニチニチソウ		Pichia ciferrii
100%	Metschnikowia koreensis		Pichia lynferdii
99%	Metschnikowia koreensis		Pichia sydowiorum
	Metschnikowia sp.		Candida nitrativorans
	Uncultured Metschnikowia		Wickerhamomyces anomalus
49.3.1	サンダンカ		Pichia myanmarensis
98%	Metschnikowia koreensis	45.5.3	キジムシロ
97%	Uncultured Metschnikowia	99%	Metschnikowia koreensis
	Metschnikowia sp.		Uncultured Metschnikowia
	Metschnikowia koreensis		Metschnikowia sp.
		98%	Metschnikowia koreensis

【考察】

結果 1-23) 図 17 より、簡易法で、0.10%以下のエタノール濃度を目視で判断し、分光器の値と近い結果を得ることが出来たことから、簡易定量法は、低濃度のエタノールの定量に適していると考えられる。誤差が出た部分に関しては、試料の微量の着色が、簡易定量法の発色に影響を及ぼしたと考えられる。また、分光器の測定で、図 16 より今回検量線に用いた値と理論値を比較すると、検量線の吸光度差 (⊿ E) の値が理論値よりも小さかったため、酵素の量が足りず、反応が完全に終了していなかったと考えられる。

3(4) の結果より、非 Saccharomyces 属の香気生産性酵母 Wickerhamomyces sp . が得られた。S.cerevisiae ではなくても、醸造に利用できると文献にあったので、実用化のために発酵過程を追跡する必要があると考えられる。

S.cerevisiae が得られなかった理由は、自然環境中で S.cerevisiae が希少であると文献にあった。ショ糖水を用いた場合、水溶液は中性であるため、酸性に強い菌が生育しにくいなどの生育速度が関係しているのではないかと考えた。泡盛用の酵母を選択的に取得するには、黒麹の糖化液を培養液に用い、醸造と近い条件で培養させる事が文献よりわかった。また、S.cerevisiae に TTC 還元性があることから、TTC 試験によって酵母の選抜を行っていることが文献にあったので、麹汁培地と TTC 試験用いて、研究 2 を行った。

研究 2　酵母の分離法 (麹汁培地と TTC 培地を用いて) の検討

【目的】

研究 1 で S.cerevisiae が得られなかったので、S.cerevisiae に多く利用されている培地や選抜方法に変えて、S.cerevisiae に分類される酵母の分離を行う。

【方法】

2-1　麹汁培地での集積培養

(1)　麹汁培地の調製

①　500 g のタイ米を 1 時間水に浸し、1 時間水を切った。
②　約 20 分間蒸した。
③　放冷後、種麹を混ぜ、ガーゼで包み、加湿しながら 1 晩置いた。(麹の温度は 38 ℃)
④　固まった米を崩し、1 晩 3) と同じ条件で置いた。
⑤　48 時間から 50 時間で生育を終了し、2 L の水を加えた。
⑥　60 ℃の温水中で 18 時間、80 rpm で旋回振とうした。
⑦　ガーゼにてろ過した後、7000 rpm で 10 分間遠心した。
⑧　吸引ろ過をして、糖度と pH を測定し、グルコースを添加し、糖度を 14.3%にした。

(2)　酵母の分離源試料として、ブーゲンビレア、バラ、ハイビスカスなど 51 種の野生の花 (研究 1 と同じ花 5 種を含む) を採取した。

(3)　オートクレーブした麹汁培地 (Brix 14.3, pH 3.48) 入りチューブに花を入れて、室温で 1 週間培養を行った。

表 16　麹汁培地の組成

タイ米	500 g
水	2.0 L
種麹	2.5 g (0.5%)

※ 101 g のグルコースを加えて糖度を約 15%に調整した。

図 21　培養の様子

2-2　TTC 下層培地での酵母の培養

(1)　TTC 下層培地の調製として、ブドウ糖 20.0 g、酵母エキス 1.5 g、ペプトン 2.0 g、リン酸二水素カリウム 1.0 g、硫酸マグネシウム塩・7 水和物 25.0 g を 1000 mL の水に溶解し、25.0 g の寒天を加えてオートクレーブ (121℃、20 分) し、シャーレに約 10 mL ずつ流し、固めた。

(2)　2-1(2) で得られた増殖菌液を、10^3、10^4、10^5 倍に希釈し、それぞれ 100μL ずつ TTC 下層培地に塗布した。

(3)　25 ℃で 3 日間培養を行った。

2-3　TTC 試験 *

(1) TTC 上層培地の調製として、TTC 0.05 g、ブドウ糖 0.5 g、寒天 1.5 g、を 100mL の沸騰水中で溶解した。

(2) コロニーが形成した後、TTC 上層培地を流し込み、2 ～ 3 時間後に赤色呈色のあったコロニーを株分けし、候補株とした。(TTC 還元性のあるコロニーが赤く染まる。)

以下の図は , TTC の構造式と還元されて TFP が生成する反応を示した図である。

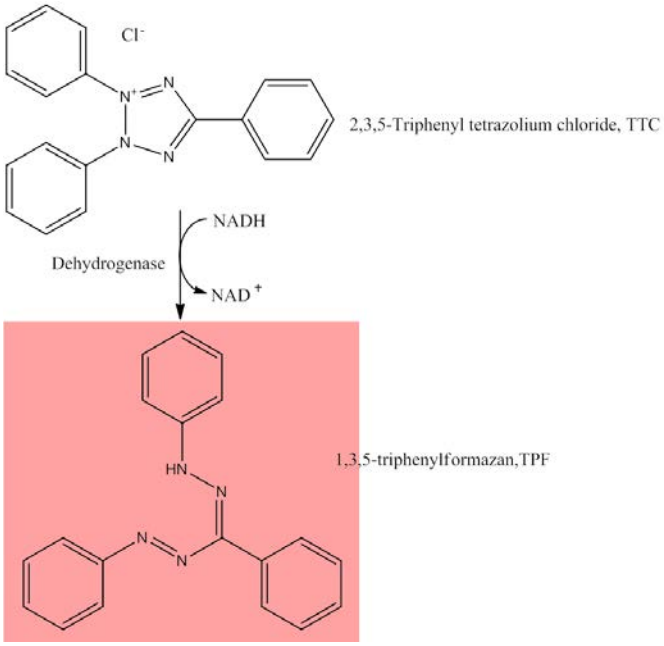


図 22　TTC の構造（上段）と還元反応による TPF の生成

2-4　酵母の分類同定試験

PCR は、1-3(1) と同様に行った。

【結果】

2-2(3) で得られた結果

ショ糖水を用いた時より早く、5 日目にはほとんどの花から炭酸ガスの発生があった。

図 23　炭酸ガス発生の様子

2-3(2) で得られた結果

TTC 上層培地を流し、赤色呈色のあったコロニーの写真を以下に示した。矢印で示したコロニーが、候補株である。

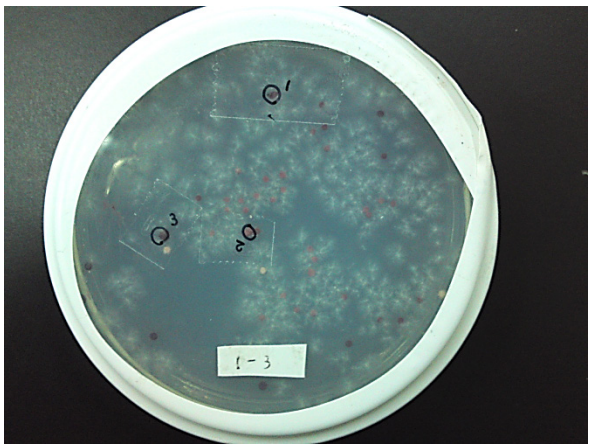


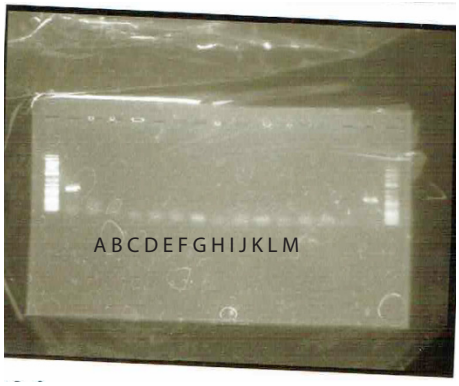
図 24　候補株の写真 (1-1、1-3)

候補株は、20 菌株あった。

2-4(1) で得られた結果

　PCR・電気泳動後、S.cerevisiae と近いサイズのバンドが得られたものはなかった。

以下の図は電気泳動後のゲルの写真である。



A	1-1	H	29-7
B	1-3	I	30-7
C	1-4	J	31-1
D	1-6	K	32-5
E	20-5	L	32-9
F	29-5	M	37-5
G	29-6		

図 25　電気泳動後のゲル

N	41-5
O	50-5

図 26　電気泳動後のゲル

＊ 5 菌株は、生育が遅かったため、除外した。

考察

結果 2-4 より、S.cerevisiae を選択的に分離する事を目的とし、麹汁培地を用い、実験を行ったが、S.cerevisiae は得られなかった。その理由は、TTC 試験で赤色呈色のコロニーを株分け後、TTC 上層培地を再び塗布し、赤色呈色を示すことを確認していないため、他の菌を株分けしている可能性が考えられるため、株分けしたコロニーに TTC 上層培地を流し、選出したコロニーが赤色呈色をしめすか確認する必要があると考えられる。

結果 2-2 より、集積培地をショ糖水から麹汁培地 (pH 3.48) に変更した事によって、泡の出方が速くなったため、アルコール発酵能が高い酵母があると考えられる。そこで、酸性に強い酵母について、アルコール発酵試験を行った。

研究 3　発酵試験の検討と簡易定量法の確立

【目的】

研究 2 で得られた候補株にアルコール発酵試験を行い、簡易定量法によるエタノールの測定を行い、高いアルコール発酵能を有する酵母を見つける。候補株と 101 の発酵の進行について、エタノール濃度と pH の測定により考察を行う。また、簡易定量法の測定結果と F- キットエタノールを用いて分光器で測定した値を比較することで、簡易定量法の精度を評価する。

【方法】

3-1　候補株の培養

(1)　試験管に 10％ブドウ糖含有 YPD 液体培地を 1.0 mL 入れ、白金耳で候補株を植菌した。

(2)　25 ℃で 3 日間培養 (前培養) し、沈殿の有無を観察した。

(3)　サンプルびんに 10 mL の液体培地を入れ、沈殿が見られた前培養の液を懸濁し、100μL 入れた。

(4)　25 ℃で 5 日間培養 (本培養) した。

再現性を確認するために、発酵試験は 2 回行った。

3-2　エタノール濃度の測定

(1)　本培養を行っている液を無菌的に毎日採取し、遠心分離 (8000 rpm,10 分間) を行い上清を得た。
1 回目の発酵試験の際に、遠心分離後の上清を保存していると、菌が生育し、沈殿が生じてしまったため、採取後に発酵が進行してしまうと考えて、1 回目の発酵試験の 3 日目以降と 2 回目の発酵試験のサンプルは、約 80 ℃の湯に 10 分間浸し、失活させた。

(2)　101 と 3 サンプル (前培養で泡の発生があったものからランダムに選んだ) については、分光器で時間毎のエタノール濃度を測定し、測定値の上昇が止まった時間の濃度を最終のエタノール濃度とした。96 時間、120 時間後の測定値を、1 回目の発酵試験の結果と比較し、再現性があるか確認した。分光器の測定は、吸光度差と濃度の関係から検量線を作成して行った。

(3)　(2) のサンプルについては、pH 低下を追跡し、エタノール濃度について考察するために、毎日 pH の測定も行った。

(4)　全てのサンプルについて、最終のエタノール濃度を簡易法で測定し、101 以上の濃度であったサンプルを分光器とガスクロマトグラフィー (GC) で測定した。GC の測定は、標準溶液 (0.50, 1.0, 2.5, 5.0%) を測定した時のピークの高さから検量線を作成して行った。

3-3　簡易法の確立

■　分光器の測定と簡易法の測定は同じ酵素を用いた定量法なので、3-2(2)(4) の測定値から、簡易法と分析機器 (分光器・GC) の測定値を比較し、簡易定量法の精度を評価した。

【結果】

方法 3-1(2) で得られた結果

沈殿が見られたものは、20 サンプル (候補株) 中 15 サンプルであった。

方法 3-2(2) で得られた結果

分光器で測定した時間毎のエタノール濃度の変化を以下のグラフに示した。

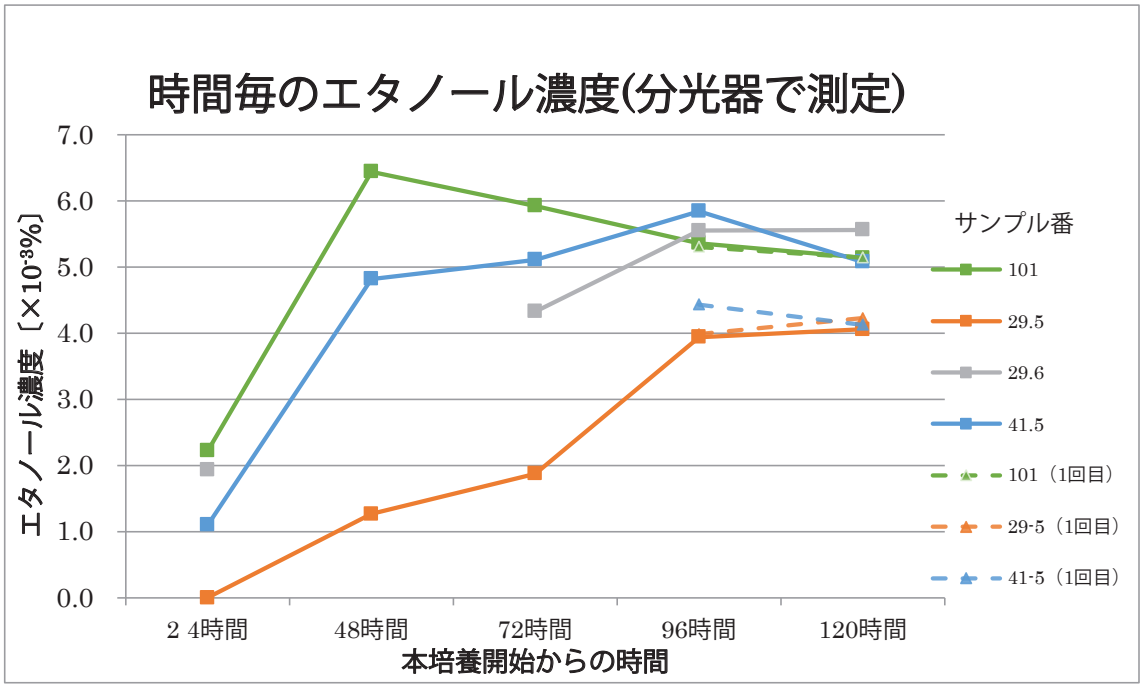


図 27　時間毎のエタノール濃度

表 17　時間毎のエタノール濃度〔× 10^{-3} %〕

サンプル名 時間	2 4 時間	48 時間	72 時間	96 時間	120 時間
101(コントロール)	2.2	6.4	5.9	5.4	5.1
29-5	0.0	1.3	1.9	3.9	4.1
29-6	1.9	＊	4.3	5.6	5.6
41-5	1.1	4.8	5.1	5.8	5.1
101(1 回目)				5.3	5.1
29-5(1 回目)				4.0	4.2
41-5(1 回目)				4.4	4.1

＊　サンプルを採取出来なかったため、データがない。

- 120 時間後には、4 サンプル全てにおいてほとんど測定値の上昇が見られなかった。
- 101 について、24 時間後の濃度が他のサンプルと比べて高く、24 時間後から 48 時間後のグラフの傾きが大きく、48 時間後の測定値が最大となり、その後、値は低下した。
- 29-5、29-6 は、96 時間後まで測定値が上昇し、その後ほぼ一定となった。
- 41-5 は、24 時間後の濃度は 101 よりも低かったが、24 時間後から 48 時間後のグラフの傾きの大きさは 101 と同程度大きく、120 時間後の濃度は 101 とほぼ近い値であった。
- 101 と 29-6 については、1 回目の発酵試験の時の測定値 (96 時間後・120 時間後) と 2 回目の測定値がほぼ近い値となった。41-5 は、1 回目と 2 日目の測定値を比較すると、2 日目の値は高く、120 時間は 101 と同程度の濃度となった。

また、吸光度差からエタノール濃度を算出する際に用いた検量線を、以下に示した。

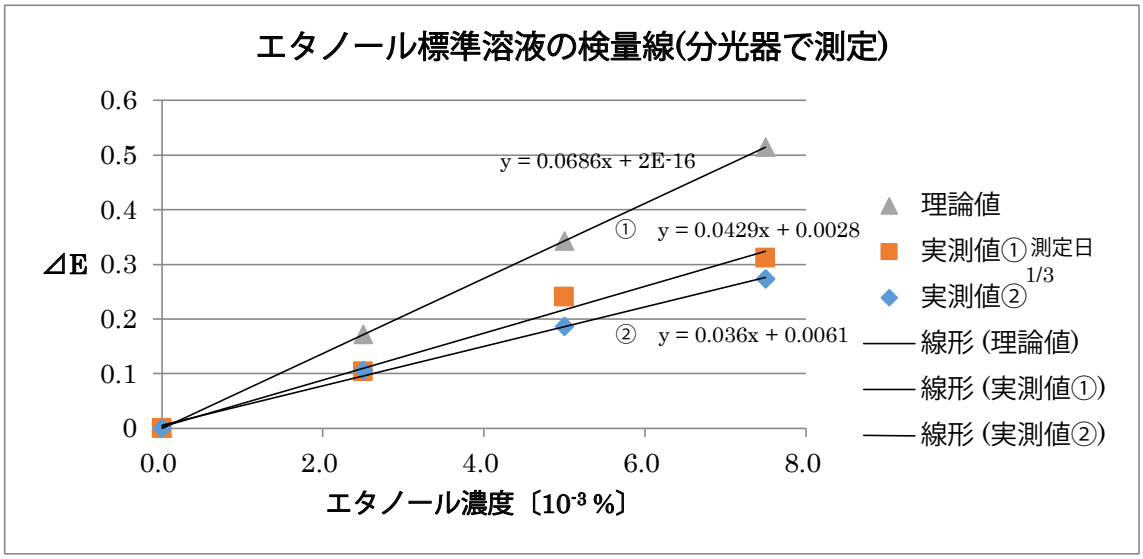


図 28　理論直線と作成した検量線

表 18　検量線①の作成に用いた測定値 (測定日 1/4)

エタノール濃度〔× 10^{-3}%〕	E1	E2	E2-E1	ΔE
0.0	0.002333	0.088333	0.086	0
2.5	-0.01767	0.124333	0.142003	0.056003
5.0	-0.00467	0.262667	0.267337	0.181337
7.5	-0.00867	0.336667	0.345337	0.259337

表 19　検量線②の作成に用いた測定値 (測定日 1/3)

エタノール濃度〔× 10^{-3}%〕	E1	E2	E2-E1	E
0.0	0	0.04	0.04	0
2.5	-0.0195	0.125667	0.145167	0.105167
5.0	0.004	0.230333	0.226333	0.186333
7.5	0.01775	0.331	0.31325	0.27325

■　作成した検量線はいずれも理論直線より傾きの小さい直線であった。

方法 3-2(3) で得られた結果
以下のグラフは、時間毎のエタノール濃度の変化と、pH の変化を表したグラフである。

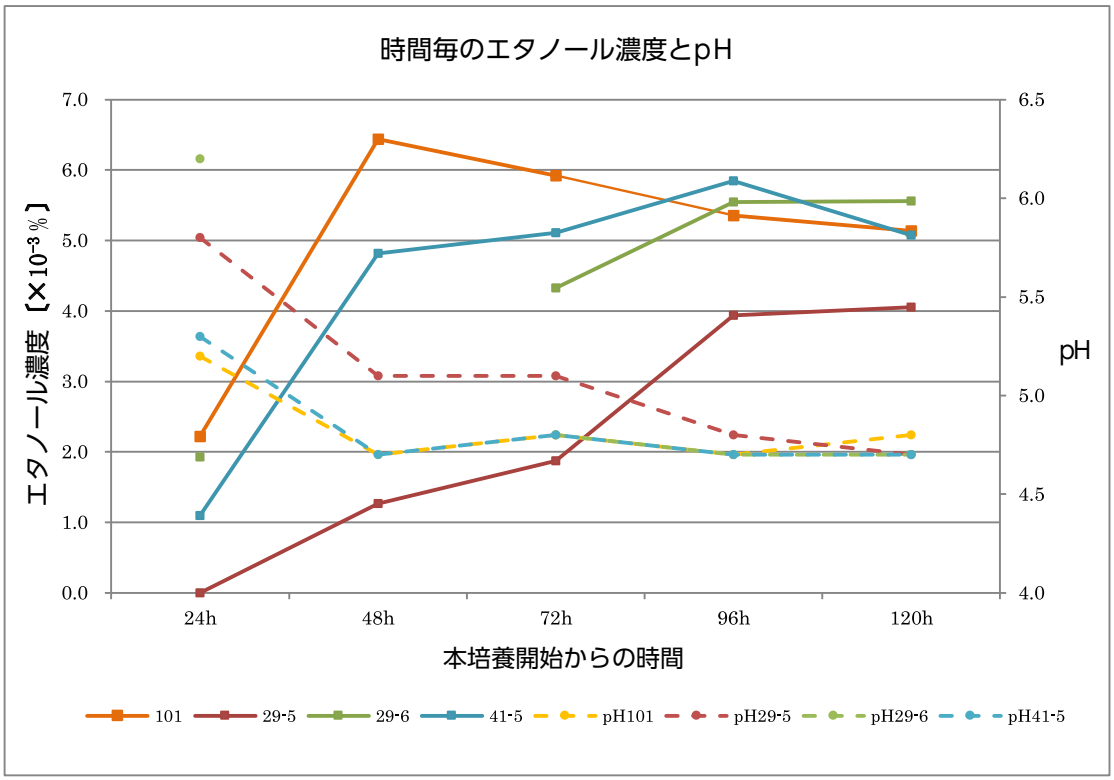


図 29　時間毎のエタノール濃度の変化と pH の変化

- エタノール生産速度が速い菌株である 101 と 41-5 は、24 時間後の pH が他のサンプルと比べて低く、24 時間後から 48 時間後にかけて pH が低下した後は、ほぼ一定となった。
- エタノール生産速度が遅い菌株である 29-5 は 24 時間後の pH は高かったが、徐々に低下し、最終的に 101 や 41-5 と同程度だった。

方法 (4) で得られた結果
簡易法の発色とエタノール濃度の表を以下に示した。

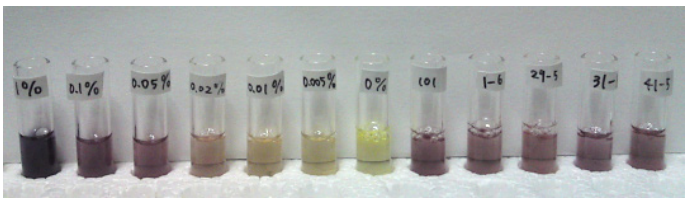
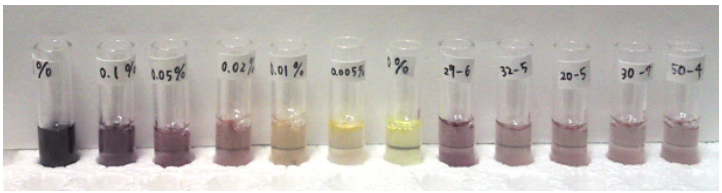


図 30　簡易法の発色 (標準溶液 7 種、サンプル 5 種)

サンプル名	濃度〔× 10^{-2}%〕
101	5.0
1-6	5.0
29-5	5.0
31-1	5.0
41-5	5.0



サンプル名	濃度〔× 10^{-2}%〕
29-6	5.0
32-5	1.0-2.0
20-5	1.0-2.0
30-7	1.0-2.0
50-4	1.0-2.0

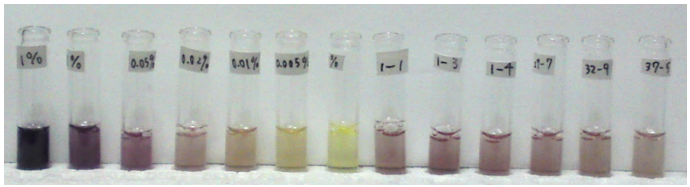


図 32　簡易法の発色 (標準溶液 7 種、サンプル 6 種)

サンプル名	濃度〔× 10^{-2}%〕
1-1	2.0-5.0
1-3	2.0-5.0
1-4	2.0-5.0
29-7	2.0-5.0
32-9	2.0-5.0
37-5	2.0

表 20　簡易法で判断した濃度〈発酵試験 2 回目〉

サンプル名 ＼ 濃度	1.0%	0.10%	0.050%	0.020%	0.010%	0.0050%	0.0%
101			■				
1-6			■				
29-5			■				
31-1			■				
41-5			■				
29-6			■				
32-5				■			
20-5				■			
30-7				■			
50-4				■			
1-1				■			
1-3				■			
1-4				■			
29-7				■			
32-9				■			
37-5					■		

- 101 と等濃度のサンプルは、1-6、29-5、31-1、41-5、29-6 の 5 個あった。

エタノール濃度が高かったサンプルについて、分光器と GC で測定した結果を以下に示す。

表 21　分光器の測定値　〈発酵試験 2 回目〉

サンプル名	エタノール濃度〔× 10^{-3}%〕
101	5.1
29-5	4.1
29-6	3.8
41-5	5.1

- 101 と 41-5 が同じ濃度であり、他のサンプルは 101 より 1 ～ 1.5〔× 10^{-3}%〕濃度が低かった。

表 22　GC の測定値〈発酵試験 2 回目〉

サンプル名	ピークの高さ	濃度〔%〕
101	20965	4.7
1-6	20230	4.6
29-5	19129	4.3
29-6	24166	5.5
31-1	21917	5.0
41-5	21713	4.9

■ 101 と比較すると、101 以上の濃度のサンプルは 3 サンプルあり、他のサンプルも 0.4%以内の差であった。

GC でのエタノール濃度の測定に用いた検量線を以下に示す。

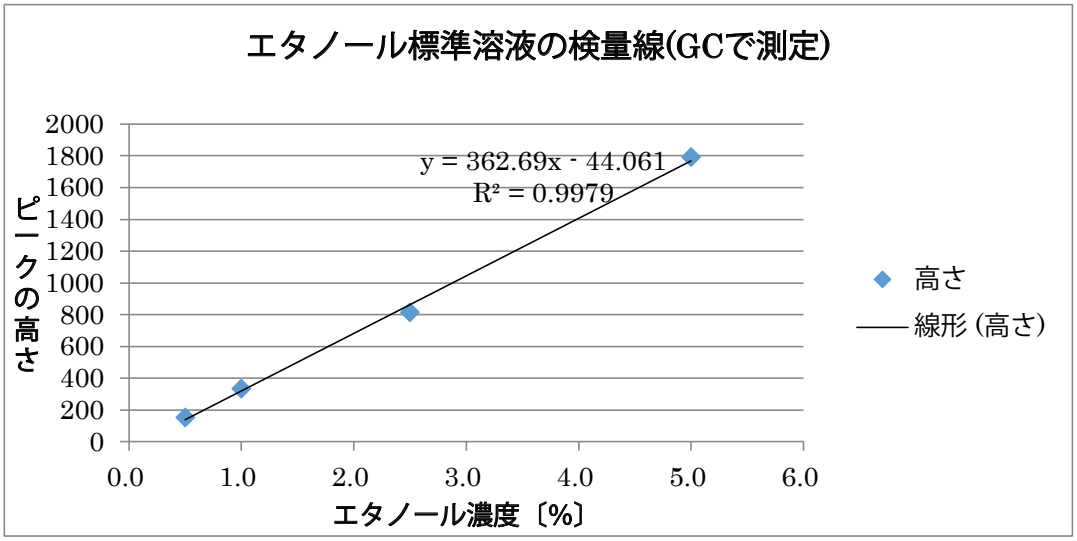


図 33　作成した検量線

表 23　検量線の作成に用いた値

濃度〔%〕	高さ
0.5	153
1.0	332
2.5	813
5.0	1790

以下に、GC のクロマトグラムを示す。

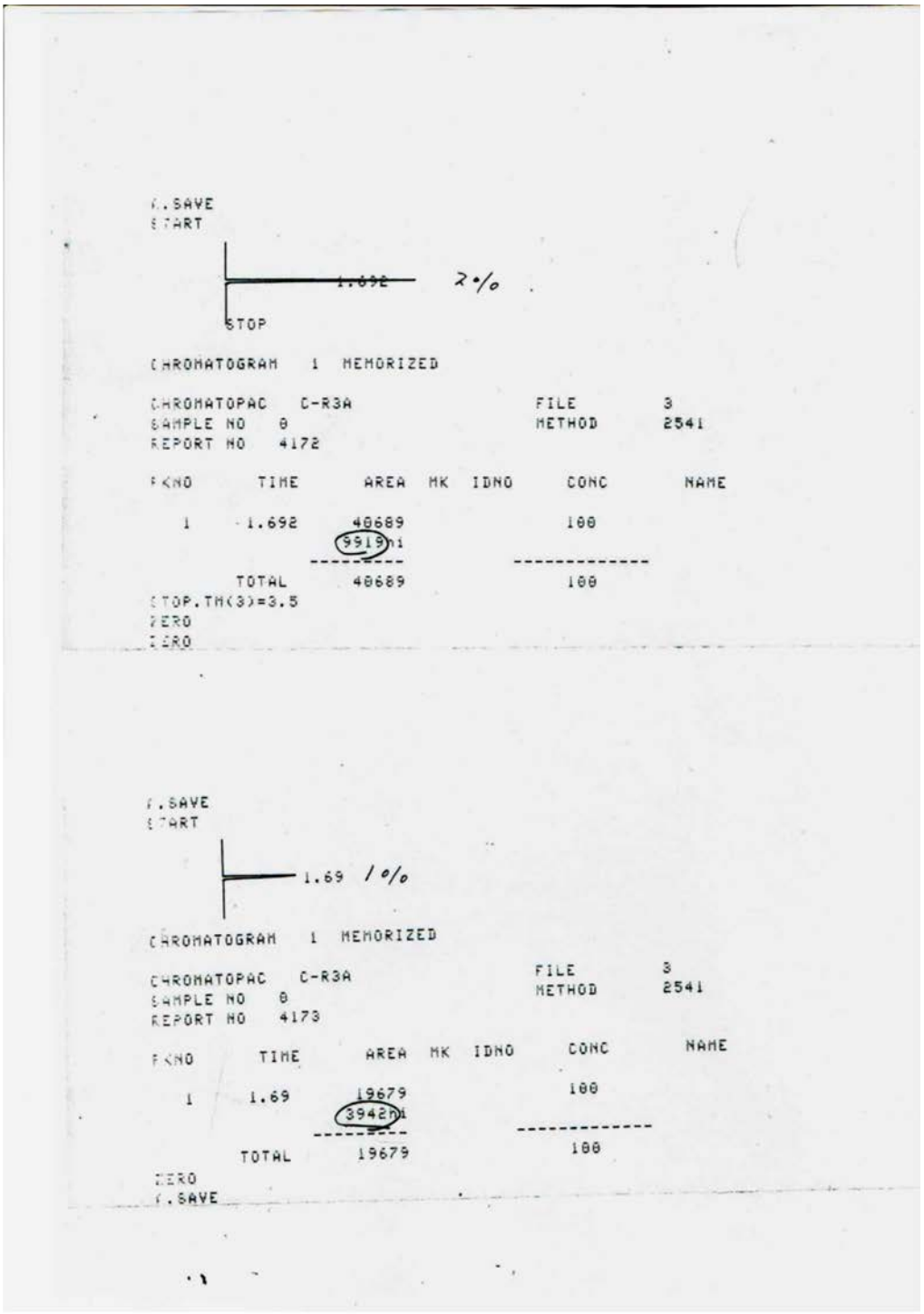


図 34　クロマトグラム (標準溶液　2.0%、1.0%)

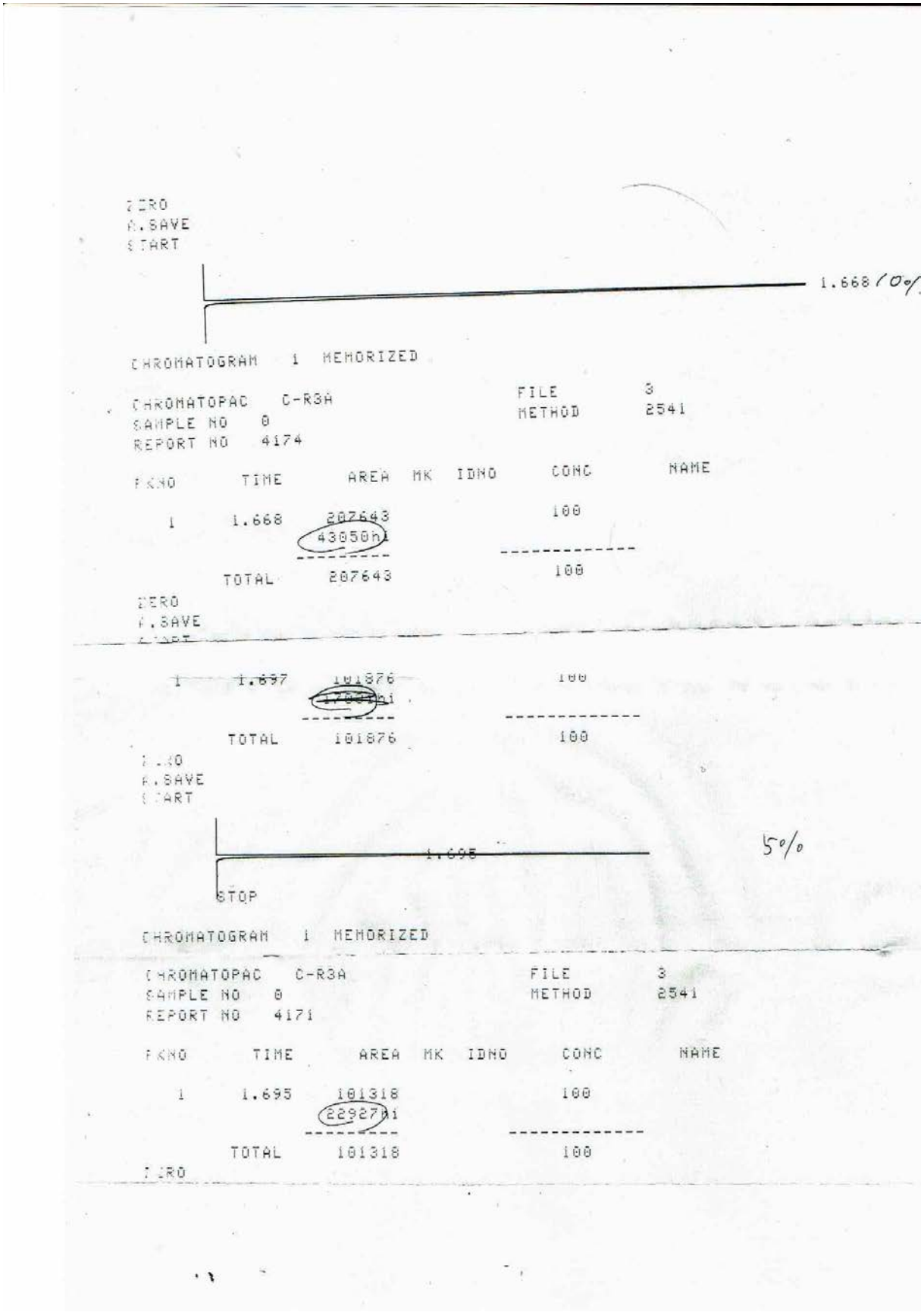


図 35　クロマトグラム (10%、5.0%)

方法 3-3 の結果

以下のグラフは、時間毎のエタノール濃度を簡易法と分光器で測定した結果を表したグラフである。(棒グラフが分光器の測定値、○が簡易法により判断した濃度である。)

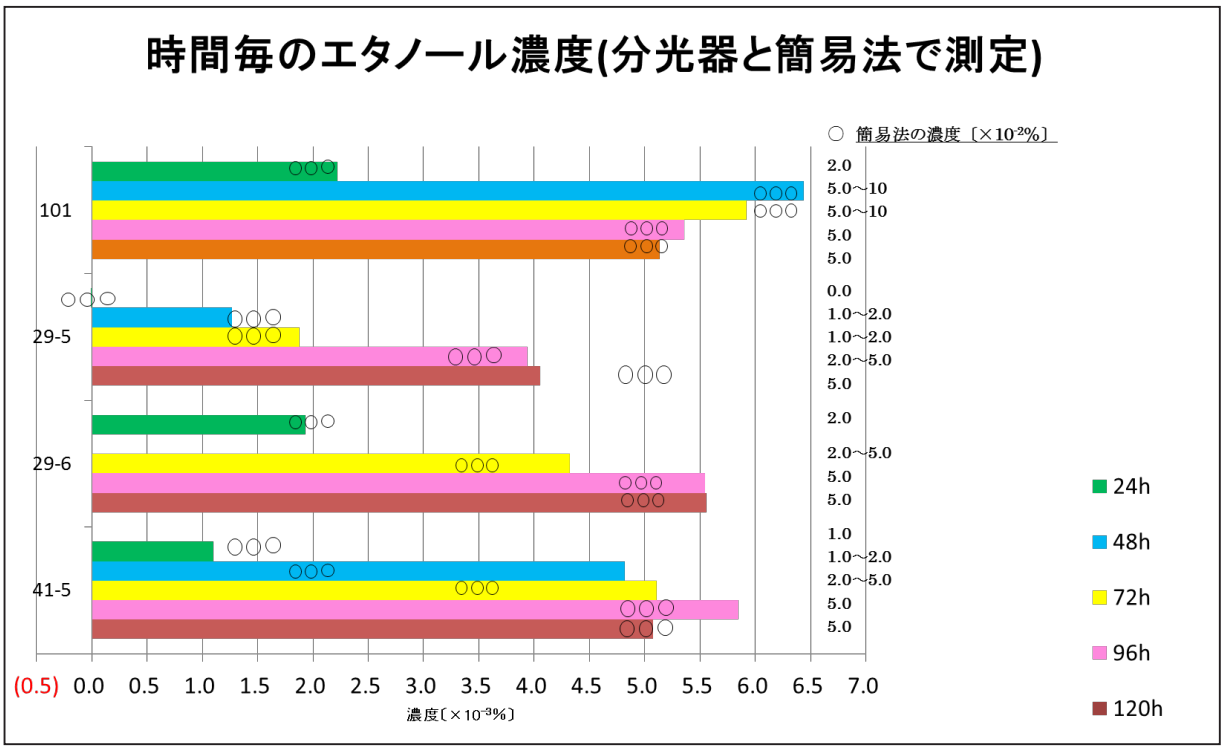


図 36　時間毎のエタノール濃度 (簡易法と分光器で測定)

■　19 個の検体のエタノール濃度を測定し、15 個は簡易法と分光器で近い結果を得た。

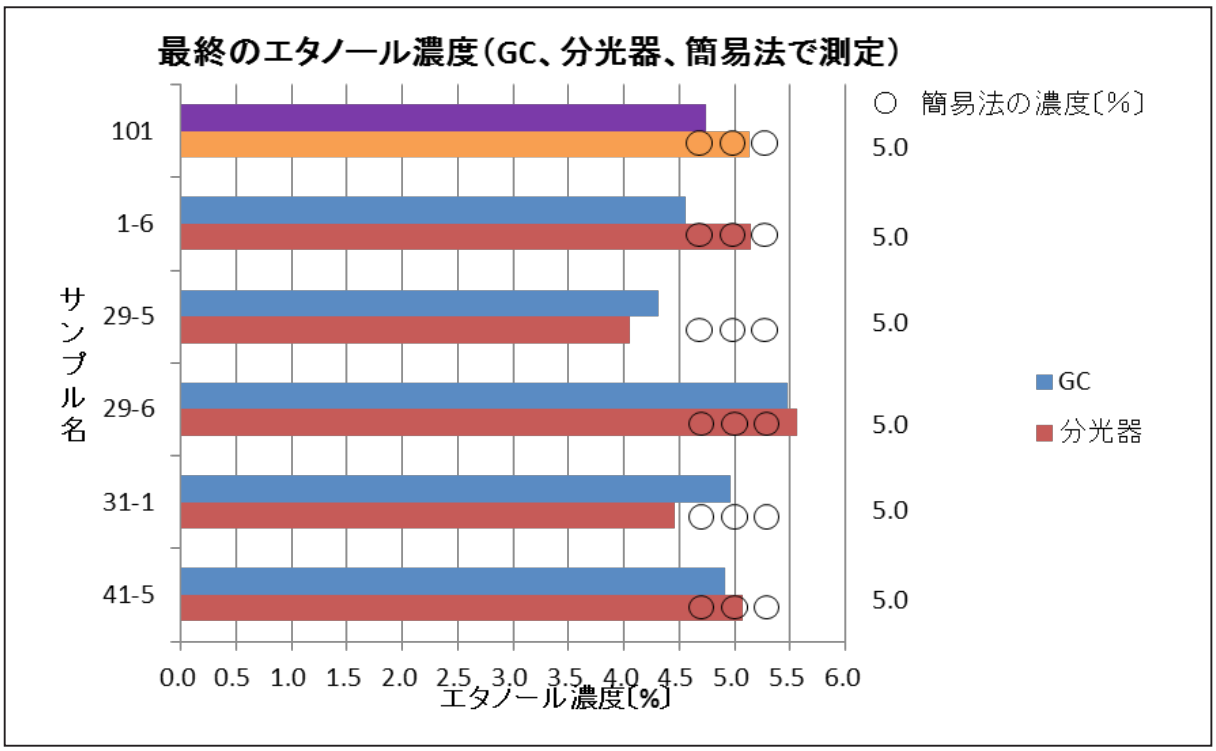


図 37　最終のエタノール濃度 (簡易法・分光器・GC で測定)

表 24　GC と分光器で測定したエタノール濃度〔%〕(分光器の測定値は原液濃度に換算)

サンプル名	GC	分光器
101(A)	4.7	5.1
1-6(B)	4.6	5.1
29-5(C)	4.3	4.1
29-6(D)	5.5	5.6
31-1(E)	5.0	4.5
41-5(F)	4.9	5.1

- 分光器と GC の測定値の差は 0.6%以内であった。
- 簡易法と分光器の測定値は、7 サンプル中 6 サンプルが近い値を得た。

以下に、GC のクロマトグラムを示す。

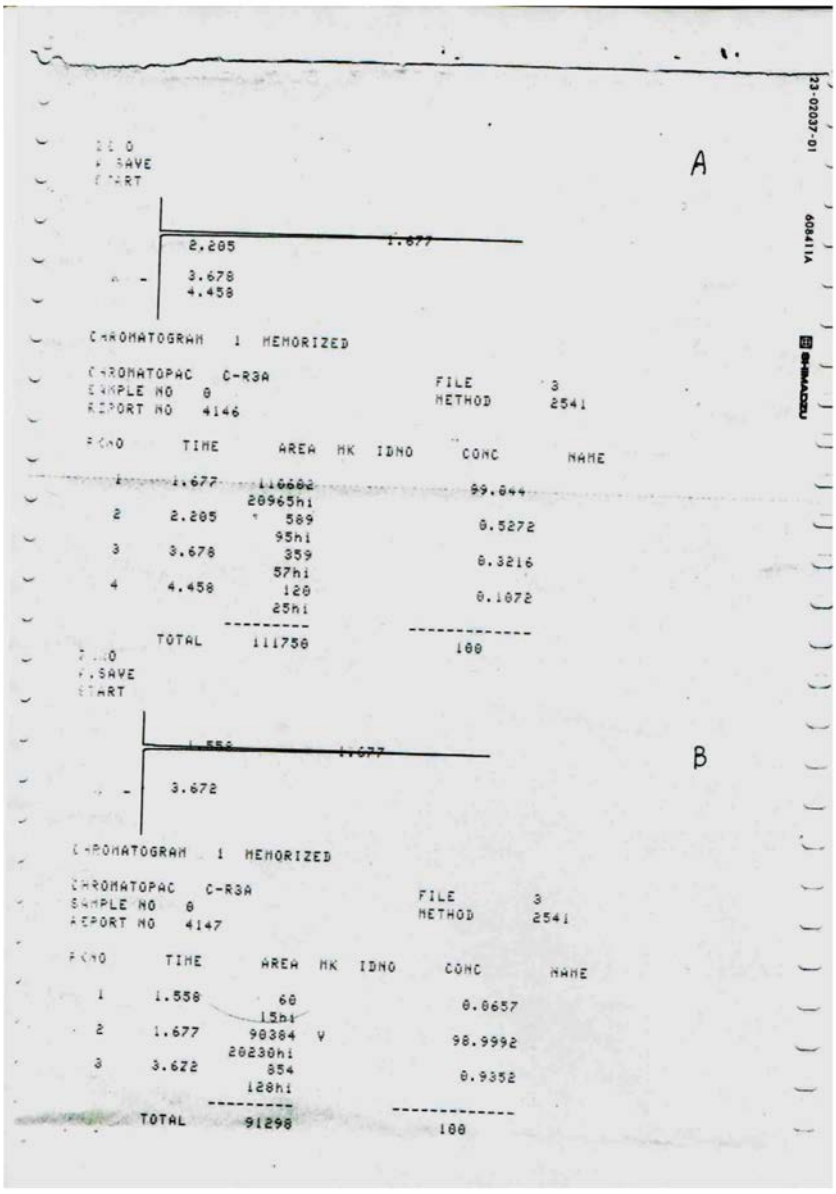
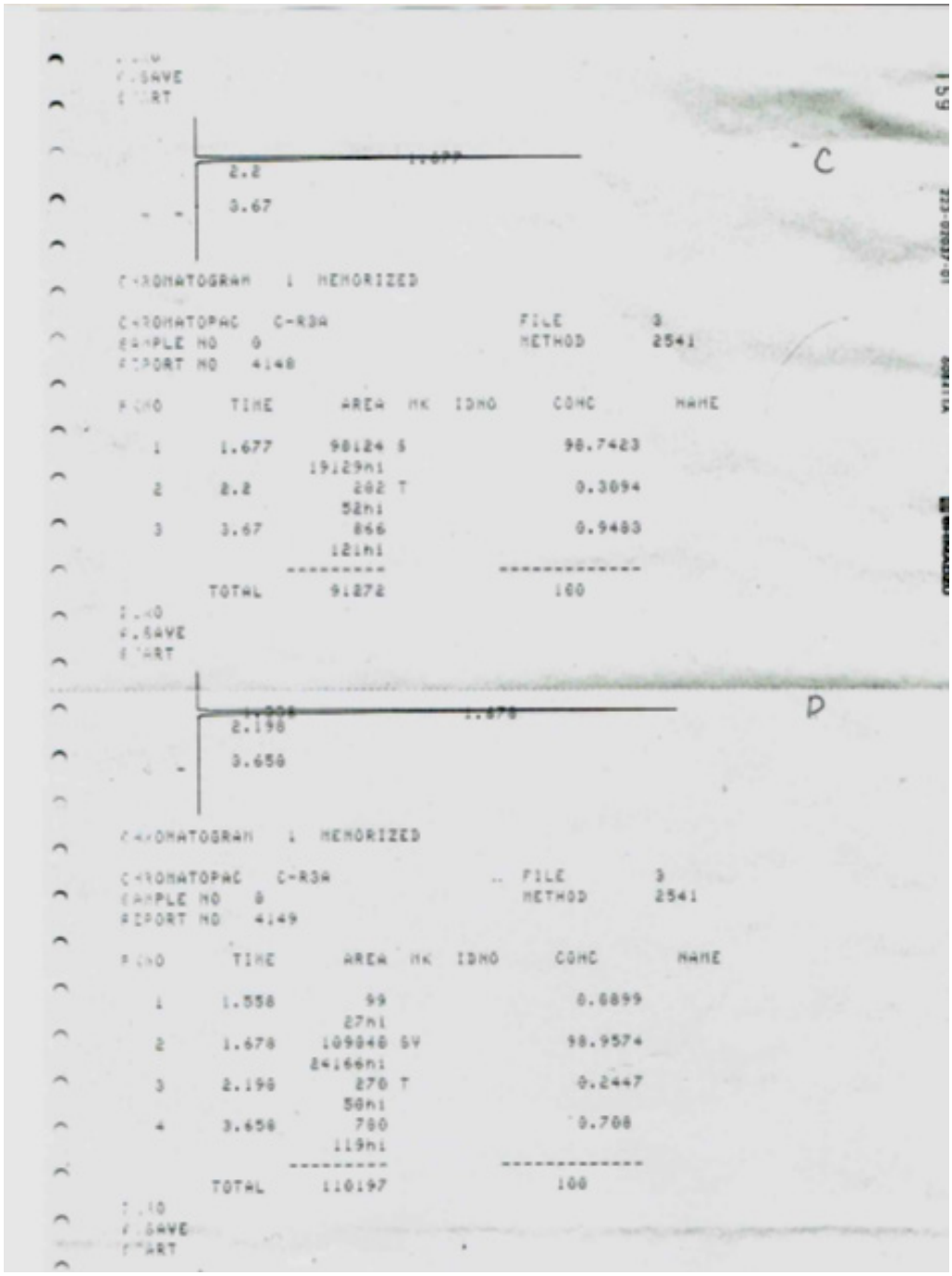


図 38　クロマトグラム (A、B)



C

2.8

3.67

CHROMATOGRAM 1 MEMORIZED

PKNO	TIME	AREA	MK	IDNO	CONC	NAME
1	1.677	98124	S		98.7423	
		19129ni				
2	2.8	282	T		0.3094	
		52ni				
3	3.67	866			0.9483	
		121ni				
TOTAL		91272			100	

D

2.198

3.658

CHROMATOGRAM 1 MEMORIZED

PKNO	TIME	AREA	MK	IDNO	CONC	NAME
1	1.558	99			0.0899	
		27ni				
2	1.678	109848	SV		98.9574	
		24166ni				
3	2.198	270	T		0.2447	
		58ni				
4	3.658	780			0.708	
		119ni				
TOTAL		110197			100	

図 39　クロマトグラム (C、D)

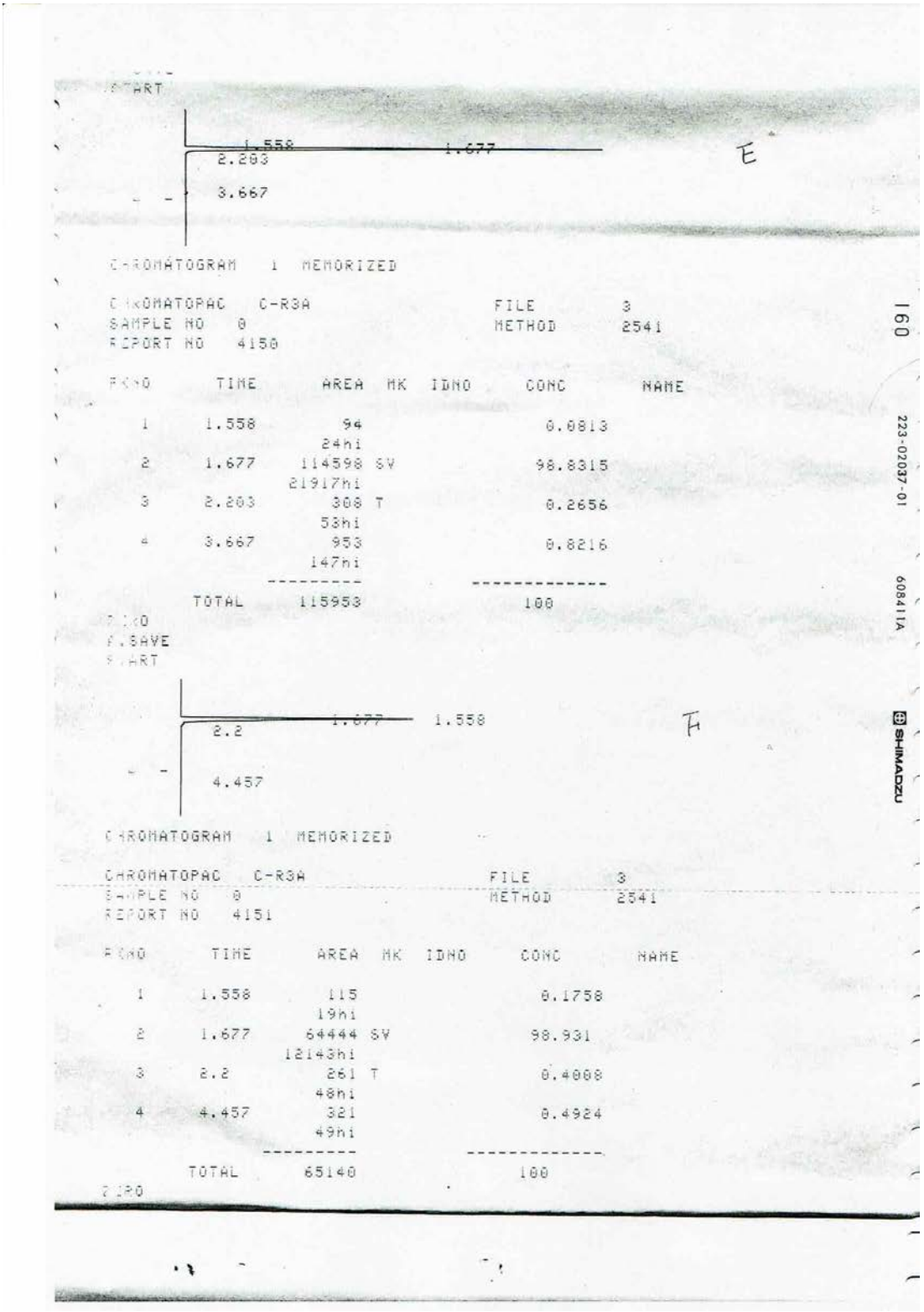


図 40　クロマトグラム　(E、F)

【考察】

結果 3-2(3) より、発酵試験で pH の低下が速い菌株がエタノール濃度の上昇も速いと考えられる。よって、pH を測定することによりエタノール濃度の変化を予想することが出来ると考えられる。101 が、48 時間後に pH が最小値、エタノール濃度が最大値となったことから、2 日間 pH の測定を行うことでエタノール濃度の上昇の予測をもとに、簡易法でエタノール濃度の測定を行うことで、101 と発酵の進行速度が近い菌株を選ぶことが出来ると考えられる。

結果 3-3 より、簡易法は、分光器の測定値と比べても近い値を得ることが出来たので、低濃度のエタノールの定量に適していると考えられる。また、発酵試験においては、簡易法で 101 と同程度のエタノール濃度であると判断したサンプルについて、最終的なエタノール濃度が 3%から 6% (100 倍希釈では 0.03%から 0.06%) の間であるサンプルが多かったので、標準溶液の濃度を検討し、より細かい濃度の違いを発色の違いから判断できるようにする必要があると考えられる。

【結論】

- 研究 1 より、ショ糖水と YPD 培地で花酵母を培養後、顕微鏡観察、アルコール発酵試験を行い、エタノールが 101 号酵母と同程度のアルコール発酵力を有していることを確認できたが、S.cerevisiae を見つけるまでは至らなかった。
- 研究 2 より、ショ糖水を麹汁培地に、顕微鏡観察を TTC 試験に代えても S.cerevisia は得られなかったが、研究 3 より、発酵試験でエタノール濃度と pH を測定することで、エタノール濃度の上昇や pH 低下が速く、101 と同程度の発酵速度である菌株 (41-5) の選抜が出来た。
- 研究 3 より、簡易定量法は、公害発生源となる試薬を用いず、迅速かつ目視でエタノール濃度 0.10%以下を検出できた。分析精度について、ガスクロマトグラフィー・分光器の測定の結果と比較して、良好な結果を得ることが出来た。

【今後の課題】

- 培地の検討やスクリーニング項目の検討を行い、S.cerevisiae を単離する。発酵試験において、培養液に植菌する菌の量を統一させ、エタノール収率の高い酵母を選抜していく条件を検討する。
- 今回得られた候補株の実用化を目指し、発酵過程を追跡するために、発酵試験を工夫する。
- 分光器や簡易定量法の測定において、酵素の量や反応時間、標準溶液の濃度を検討し、エタノールの生成量を効率よく、正確に測定する技術を身につける。

参考文献

〈酵母の単離に関する文献〉

※1　安田　庄子　北本　則之　花からの Saccharomyces cerevisiae の選択的分離と遺伝的多様性　日本食品科学工業会誌　58 巻 9 号 433-439p（2011）
：S.cerevisiae が希少であること

※2　西岡　勇一郎ら他 4 名　桜酵母の分離　茨城県工業技術センター研究報告　第 39 号
：麹汁培地は清酒酵母用の育成に優れた培地として優れている

※3　田村　學造ら 3 名　酵母からのチャレンジ　技報堂出版　104-105p(1999)
：分離酵母の TTC 染色性と培養学的性質

※4　数岡　孝幸　花等から分離した酵母の特性と焼酎・泡盛の製造　　講演資料
：麹汁培地を用いた分離法

※5　栗田　修　中林　徹　異種酵母混合培養法を用いた清酒製造　三重県科学技術振興センター工業研究部研究報告　　第 30 号 172-173（2008）
：清酒酵母 S.cerevisiae と産膜酵母の混合培養で香気性をもつ

※6　比嘉　賢一ら他 2 名　新たな泡盛用酵母の探索に関する調査　沖縄県工業技術センター研究報告　第 14 号　1-6：　101 号酵母とは異なる酒質となる菌株の選抜について

〈F- キットエタノールを用いた実験に関する文献〉

※7　山本　歩　清酒醸造用野生酵母の桜花からの単離　八戸工業高等専門学校紀要第 45 号　45 (2010):F- キットエタノール（酵素測定用キット）を用いた酵母単離の研究

※8　応用微生物学実験　実験書（京大 2004）
：F- キットエタノール（酵素測定用キット）を用いた分析法

※9　F- キットエタノールの定量操作方法

〈電気泳動法の実験操作に関する文献〉

・タカラバイオ株式会社「PCR と電気泳動」www.takara-bio.co.jp/kensa/pdfs/kensa_05.pdf
（2014 年 10 月アクセス）

中西載慶「微生物利用」実教出版
田村隆明「遺伝子工学実験ノート」羊土社出版
応用微生物学実験　実験書（京大 2004）

・「季節の花 300」　http://www.hana300.com./aaki.html（2014 年 9 月アクセス）
・「季節の草花」　http://www.7a.biglobe.ne.jp/~4nara_beckham/index.html　（2014 年 9 月アクセス）
・「小さな園芸館」　http://www.flowers-beauty.co?index.html（2014 年 9 月アクセス）

講　評

この研究は、アルコール生産能力の高い泡盛用酵母の探索を目指したものですが、このことに必要な手法の開発を目的に、実際にエタノール定量方法として酵素反応を用いた簡易定量法の確立も含めて研究を進めたといったような内容になっています。

実際に、試料からの酵母の分離と発酵能の測定を実施しつつ、酵母の分離法の検討や発酵試験法の検討および簡易定量法の確立を、ＰＣＲ、ＤＮＡ配列解析、ＴＴＣ試験、ｐＨ測定、ＧＣ測定、分光器による測定、といった多種多様な方法を駆使して行なっており、非常に充実した研究内容であると高く評価できます。高校生離れしているような面もあり、これらのそれぞれの実験法やその原理を理解しながら実験研究に取り組むには多くの学習が必要だったと予想されますが、参考文献として多くの様々な資料がリストアップされている通り、この実験研究を進めるにあたり、充分な準備を行なったことが伺え、好感が持てます。

パネルにおいては、上記のような多くの実験方法と研究内容を含む全体的な研究の流れが良く整理され、かつ、フローチャートで明快に示されており、このように複雑な研究の全体像を提示するための工夫が感じられます。実験結果のなかには、検量線や理論直線も示され、研究・実験方法の確立も含む研究として、手堅く進めていることがわかります。グラフによる実験データの取りまとめや表示方法も適切と思われますし、それらに対する文章による説明も科学的なものになっており良くできています。

今回の研究実験の中で、“アルコール生産能力が高く地域の特産品である泡盛の価値向上に繋がる酵母の探索”、という目的に合いそうな酵母の選抜ができたようですが、その候補株の実用化を目指した今後の発酵試験による発酵過程追跡の必要性に触れており、そのような方向性の研究をこれから展開していくと期待されます。上記のように様々な実験方法について勉強して実際に実施した経験およびエタノールの簡易定量法を確立したことは、今後の研究の進展の際に活かされると考えます。

沖縄県教育長賞

第37回沖縄青少年科学作品展

田嘉里川におけるオキナワヒゲナガカワトビケラの生活史Ⅱ

沖縄県立辺土名高等学校
２年 稲福 凜　２年 仲村 勇人　２年 稲垣 雄亮
１年 金城 実希　１年 伊是名 良平　１年 町田 佳生莉　１年 新垣 夏実

１．はじめに

田嘉里川は沖縄本島北部大宜味村に位置し、石灰岩地を流れる長さ約 7.2km の河川である。辺土名高校では、H19 年度から継続して田嘉里川下流の川茶橋で水生生物調査を実施しており、比較的多くの水生生物を確認している。昨年度からは、中流域の砂防ダム直下でも水生生物調査を実施しており、オキナワヒゲナガカワトビケラが特に多く採集できることが明らかとなった。

ヒゲナガカワトビケラ科は東アジアに分布が極限する南方系の種群である。樺太や北海道が分布の北限にあたる。日本においては、ヒゲナガカワトビケラとチャバネヒゲナガカワトビケラ、シロアシヒゲナガカワトビケラ、オキナワヒゲナガカワトビケラの４種が分布しており、沖縄地方においてはオキナワヒゲナガカワトビケラ１種のみが分布している。ヒゲナガカワトビケラ科の幼虫は、体長約 3cm の大型のトビケラであり、河川の流れのある瀬の石と石との間に粘液で網を張り、網にくっついた流下物を摂食する造網型トビケラ類に分類される。

水生昆虫の生活史研究は、冷温帯地域では比較的研究が進んでおり、年間世代数のデータも蓄積されている。水生昆虫の生活史は、水温と密接に関係していることが知られている。北海道～本州のトビケラ類では、年間世代数が１～２世代という報告例がほとんどである。一昨年度、本校で取り組んだ奥間川・比地川水系のグマガトビケラの生活史研究では、グマガトビケラは周年３～５齢（終齢）幼虫が確認され、年３世代の可能性があることを示唆した。

ヒゲナガカワトビケラ科では年間世代数の研究が進んでおり、北海道では年１世代、東北では年１～２世代、近畿では年２世代とされている。四国・九州・沖縄地方での研究例はほとんどない。

亜熱帯地域の河川は、冷温帯地域の河川よりも水温が高いため、年間世代数の増加や各発育段階の幼虫が周年存在するといった特有の生活史をもっている可能性が考えられる。

昨年度の研究では、田嘉里川におけるオキナワヒゲナガカワトビケラの生活史を調査し、３～５齢幼虫が周年確認でき、成虫も周年確認できたことから、周年繁殖の可能性があることを示唆した。しかし、灯火採集において成虫はオスに性比が偏っていたことや、冬季ばかりでなく夏季にも成虫の採集個体数が減少したことから、周年繁殖の可能性には疑問が残っている。夏季には高温障害を受けて羽化できない可能性も考えられる。

水生昆虫の生活史は水温と密接に関係しており、高水温の時期に幼虫は早く成長するため、体サイズが小さくなることが知られている。

そこで、本研究では、幼虫と成虫を継続調査し、さらに室内飼育により成虫の性比を調査し、周年繁殖の可能性を検証した。

２．調査対象生物（オキナワヒゲナガカワトビケラについて）

オキナワヒゲナガカワトビケラ（*Stenopsyche schmidi*）は、ヒゲナガカワトビケラ科（*Stenopsychidae*）に属し、この科の中では日本において１属４種としてヒゲナガカワトビケラ（*Stenopsyche marmorata*）、チャバネヒゲナガカワトビケラ（*Stenopsyche sauteri*）、シロアシヒゲナガカワトビケラ（*Stenopsyche pallens*）、オキナワヒゲナガカワトビケラ（*Stenopsyche schmidi* ）が知られている。この科の幼虫は、イモムシ形をしており、石レキ底に巣網を張って、流れてくる有機物を、なんでも食べる雑食性である。水生昆虫の生活型では、造網型トビケラ類に分類される。大型の水生昆虫だが成長は著しく早い。４種のうち、ヒゲナガカワトビケラとオキナワヒゲナガカワトビケラは幼虫と成虫ともに分布域以外に明瞭な区別点は見つかっていない。ヒゲナガカワトビケラは、国内では北海道～九州、国外では樺太、ロシア沿海州、中国東北部、朝鮮半島などに分布し、個体数も多い。オキナワヒゲナガカワトビケラは琉球列島の奄美大島から八重山諸島だけに分布し、この地域では１種しか記録されていない。

終齢幼虫は石レキ底に小石の破片等で固着巣を作り、その中で蛹になり、羽化して成虫となる。成虫は蛾に似ており、陸上生活を送る。

また、長野県伊那市では、天竜川の瀬に生息する水生昆虫を採取し、佃煮にして、ザザムシという名前で販売している。この水生昆虫の多くはヒゲナガカワトビケラ科の幼虫である。

写真１　ｵｷﾅﾜﾋｹﾞﾅｶﾞｶﾜﾄﾋﾞｹﾗの幼虫

写真２　サナギ

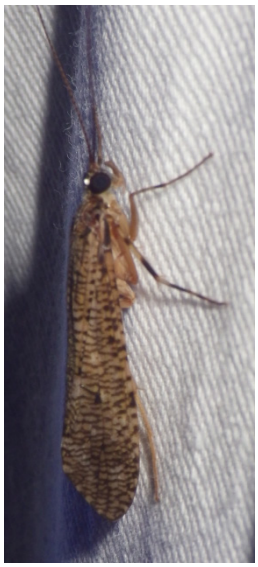


写真３　成虫

３．調査場所

田嘉里川における調査地点を図１と写真４～５に示した。

調査場所は田嘉里川の中流域に位置する砂防ダム直下とした。昨年度の調査から、この場所ではオキナワヒゲナガカワトビケラの幼虫が多数採集できたことが調査場所設定の理由である。砂防ダムの両側は山で囲まれているが、河川上空は開けた環境となっている。

写真４　田嘉里川砂防ダム直下
下流に向かって左岸側に魚道が設置されている。

写真５　田嘉里川砂防ダム直下（写真４の直下）

図　1　　田嘉里川における調査地点

４．調査方法

（１）調査期間

幼虫の調査は、2012 年 12 月から現在まで毎月 1 ～ 2 回調査を実施した。成虫の調査は、2013 年 4 月から現在まで毎月 1 ～ 2 回調査を実施した。

（２）水質調査

パックテストによる水質調査を行った。調査項目は次のとおりである。pH，COD，全硬度，リン酸態リン，アンモニウムイオン，亜硝酸イオン，硝酸イオン。その他、水温計による水温の測定と測定器による溶存酸素（DO）、電気伝導度、濁度の測定を行った。

（３）生物調査

①幼虫の調査

タモ網（D 型ネット）による定量調査を行った。瀬において、25cm × 25cm のコドラートを川底に置き、その下流側に D 型ネットを逆さにして設置し、枠内の石や堆積物を流れに沿って洗い流し、網で受けた。これを 4 回繰り返した。従って、河床の採集面積は 0.25m^2 である。

D 型ネットでの採集物をポリビンへ入れて 70% エタノールで保存し、本校環境棟へ持ち帰った。後日、水を張ったバットに採集物を入れ、ピンセットで生物を取り出して分類群毎にサンプル管に保存した。その後、顕微鏡で生物の同定および個体数の計数を行った。

②成虫の調査

田嘉里川砂防ダム直下において、2013 年 4 月から現在まで、毎月 1 回灯火採集（ライト・トラップ）を実施した。灯火採集にはケミカル・ライトを使用し、2.5m × 1.8m の白布を照射し、それに飛来するトビケラ成虫を全て採集した。採集した成虫は、70％エタノールで固定・保存し、実験室でオキナワヒゲナガカワトビケラ成虫を同定し、個体数を数えた。採集時間は日没から約 1 時間とし、できるかぎり新月周辺に調査を行うように心がけた。

写真６　瀬での水生生物採集 (定量採集)

写真７　水質測定の様子

写真８　灯火採集（ライト・トラップ）による成虫の採集

写真９　ソーティング作業（採集した水生生物の仕分け作業）
　採集した堆積物の中から水生生物を取りだし、種類ごとに分ける。

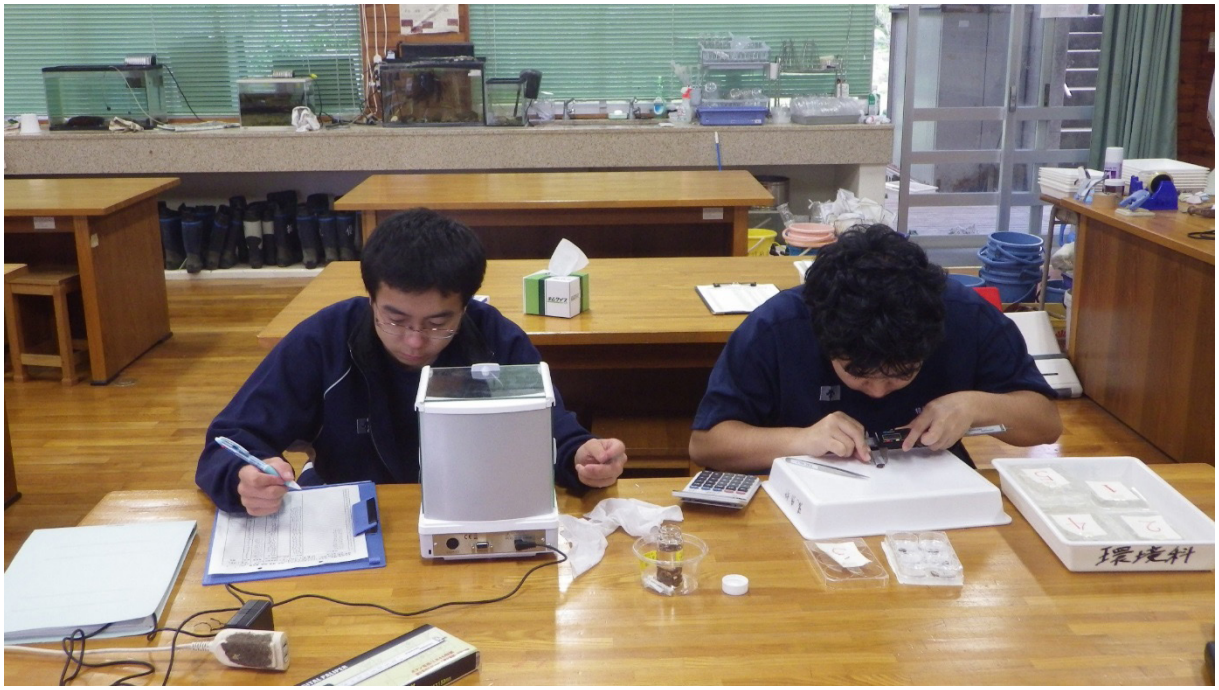


写真１０　ヒゲナガカワトビケラ幼虫の計測作業
　左：湿重量の測定（電子天秤使用）　　右：体長測定（デジタルノギス使用）

（4）幼虫の齢期解析

幼虫の頭部はキチン質でできており、脱皮ごとに段階的に成長する。一般にトビケラ目の幼虫は５齢幼虫まで存在することが知られている。従って、幼虫の頭幅を測定することで、幼虫の齢期を推定することが出来る。まず、採集したオキナワヒゲナガカワトビケラの幼虫の頭幅を実態顕微鏡に設置した接眼マイクロメーターを用いて測定し、頭長と体長はデジタルノギスで測定した。体重（湿重量）は電子天秤を用いて測定した。幼虫の測定部位を図２に示した。

写真１１　頭幅測定（マイクロメーター使用）

写真１２　体長測定（デジタルノギス使用）

写真１３　湿重量の測定（電子天秤使用）

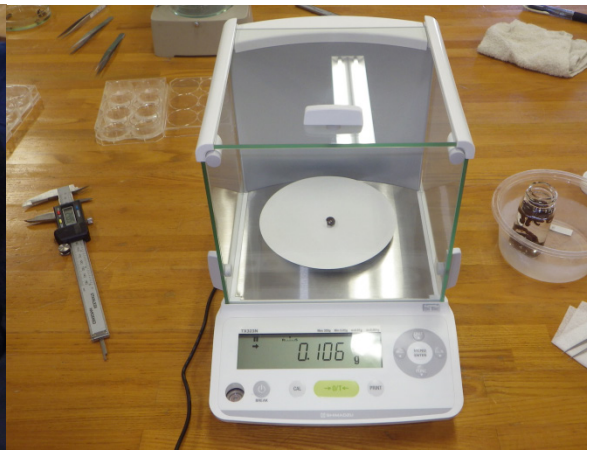


写真１４　湿重量の測定（電子天秤使用）

（5）室内飼育

定量採集以外に、調査地点で任意採集を実施し、終齢幼虫および蛹を生かしたまま持ち帰り、水槽で飼育した。水槽の両側からエアーレーションを強くして、水槽内に流れを生じさせた。羽化した成虫の日時と性別を記録し、死亡年月日も記録した。室内飼育による成虫の性比と生存期間を把握した。

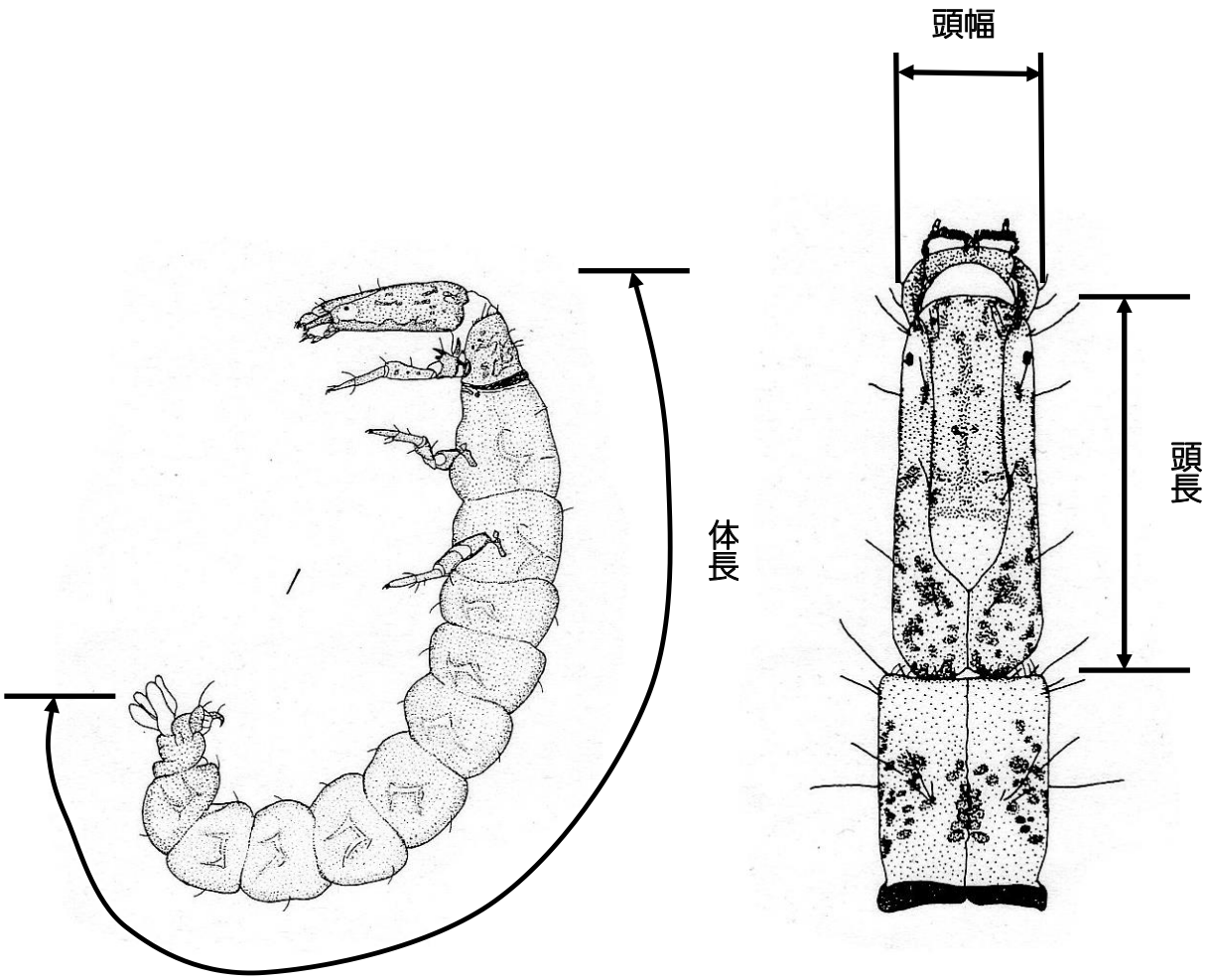


図２　　オキナワヒゲナガカワトビケラの幼虫全形（左）、幼虫頭部背面（右）
図の出典：日本産水生昆虫　科・属・種への検索、東海大学出版会（河合・谷田、2005）

５．調査結果

（1）水質調査

水質調査結果を表 1 に示した。各地点の平均値を比較した。田嘉里川砂防ダム直下の水質は、比較的きれいな水であった。

表 1　　田嘉里川における水質調査結果（平均値）（2012 年 12 月～ 2014 年 12 月）

水質項目	田嘉里川
水温 (℃)	21.4
pH	7.94
COD(mg/L)	6.6
リン酸イオン (mg/L)	0.03
アンモニウムイオン (mg/L)	0.24
亜硝酸イオン (mg/L)	0.000
硝酸イオン (mg/L)	0.58
電気伝導度 (mS/cm)	0.152
濁度	11.2
全硬度 (mg/L)	21.8
溶存酸素 (mg/L)	8.11
塩分 (%)	0

水温調査結果を以下に示した。水温は、2012 年 12 月～ 2014 年 12 月までは 14.3 ～ 29.4℃の範囲内であった。年間を通して、水温は 14.3℃以上であった。15℃以下になることはほとんどなかった。

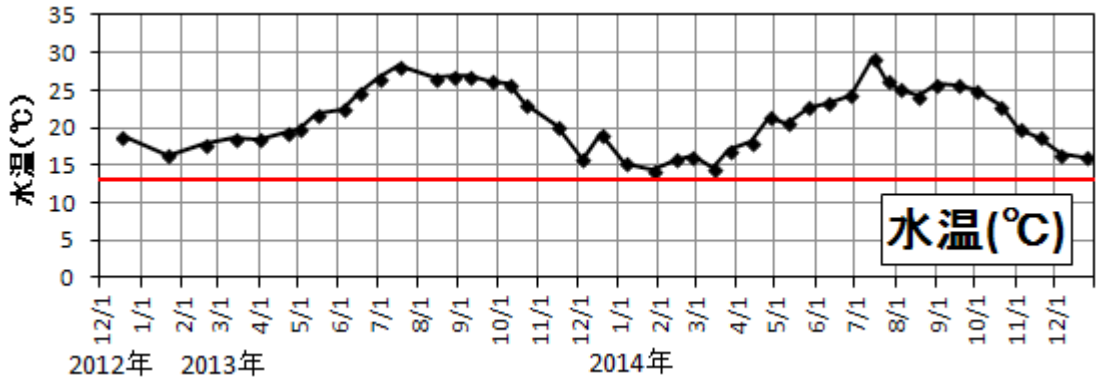


図 3　　田嘉里川砂防ダム直下における水温の変化

（2）生物調査

①オキナワヒゲナガカワトビケラ幼虫の齢期解析

オキナワヒゲナガカワトビケラ幼虫の頭幅サイズの頻度分布を図４に示した。頭幅は５つのグループに分かれた。小さいサイズから順に、１～５齢幼虫を示している。各齢期の幼虫の頭幅サイズは以下の通りであった。１齢幼虫：0.29～0.34mm、２齢幼虫：0.41～0.51、３齢幼虫：0.65～0.80mm、４齢幼虫：1.00～1.22、５齢幼虫（終齢）：1.32～1.63mm。

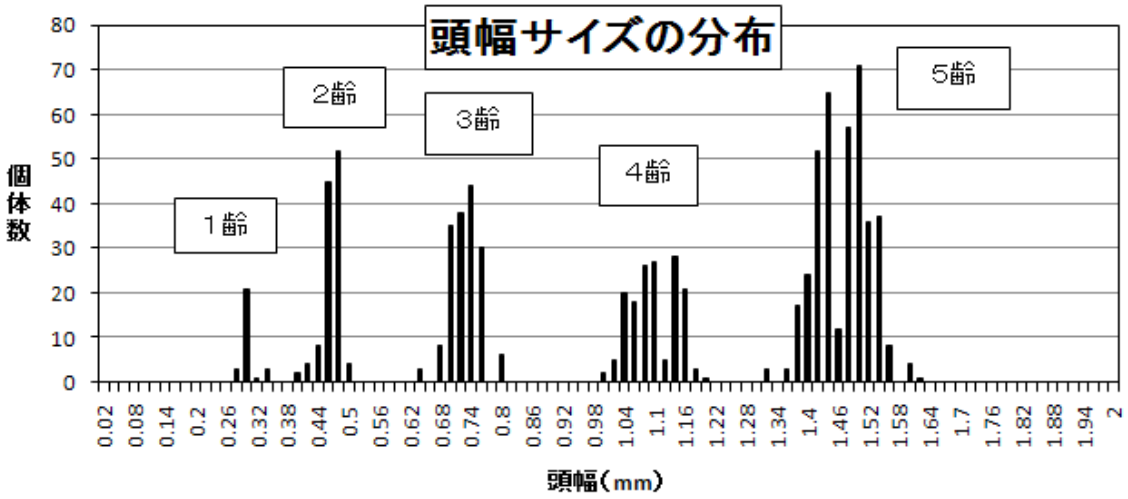


図４　オキナワヒゲナガカワトビケラ幼虫の頭幅サイズの頻度分布

オキナワヒゲナガカワトビケラの幼虫の頭幅と体長の関係を図５に示した。頭幅と頭長はともに５つに分かれた。したがって、各齢期の幼虫は頭幅と頭長により判別できる。

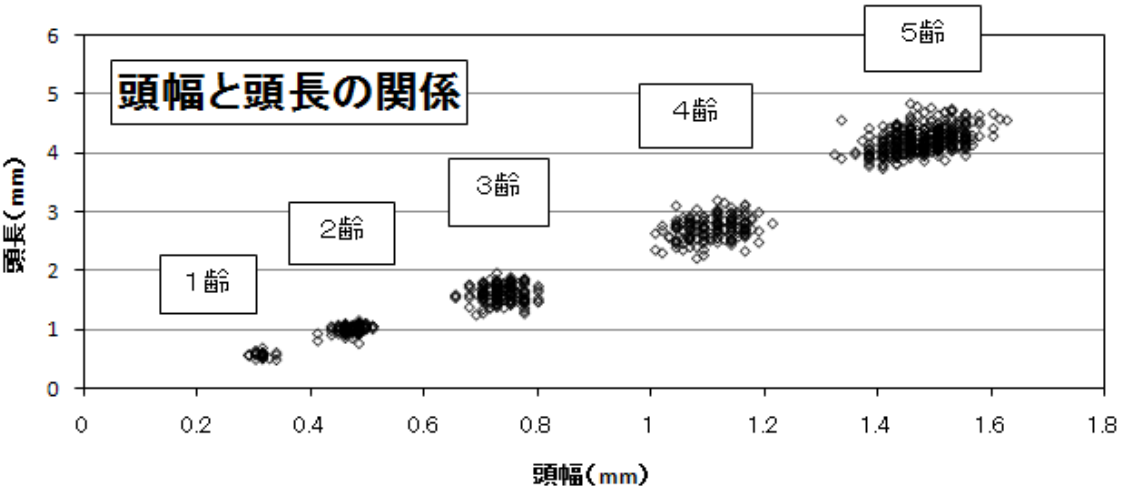


図５　オキナワヒゲナガカワトビケラ幼虫の頭幅と体長の関係

②オキナワヒゲナガカワトビケラの生活史および年間世代数の推定

H24 年 12 月～ H26 年 10 月までの約 2 年間にわたる田嘉里川におけるオキナワヒゲナガカワトビケラ幼虫（1～5 齢幼虫）と前蛹、蛹の出現頻度を図 6 に示した。田嘉里川砂防ダム直下では、毎月 3 齢～5 齢幼虫が確認できた。また、1～2 齢幼虫においても、大部分の月において確認できた。各齢期の出現状況はかなり重複しており、明瞭な世代の区切れ目は見られなかった。終齢幼虫（5 齢）の出現頻度は、2013 年では 2 月、5 月、8 月の合計 3 回ピークが見られた。2014 年では、2 月、4～5 月、8～9 月の合計 3 回ピークが見られた。少なくとも年 2 世代以上の可能性がある。

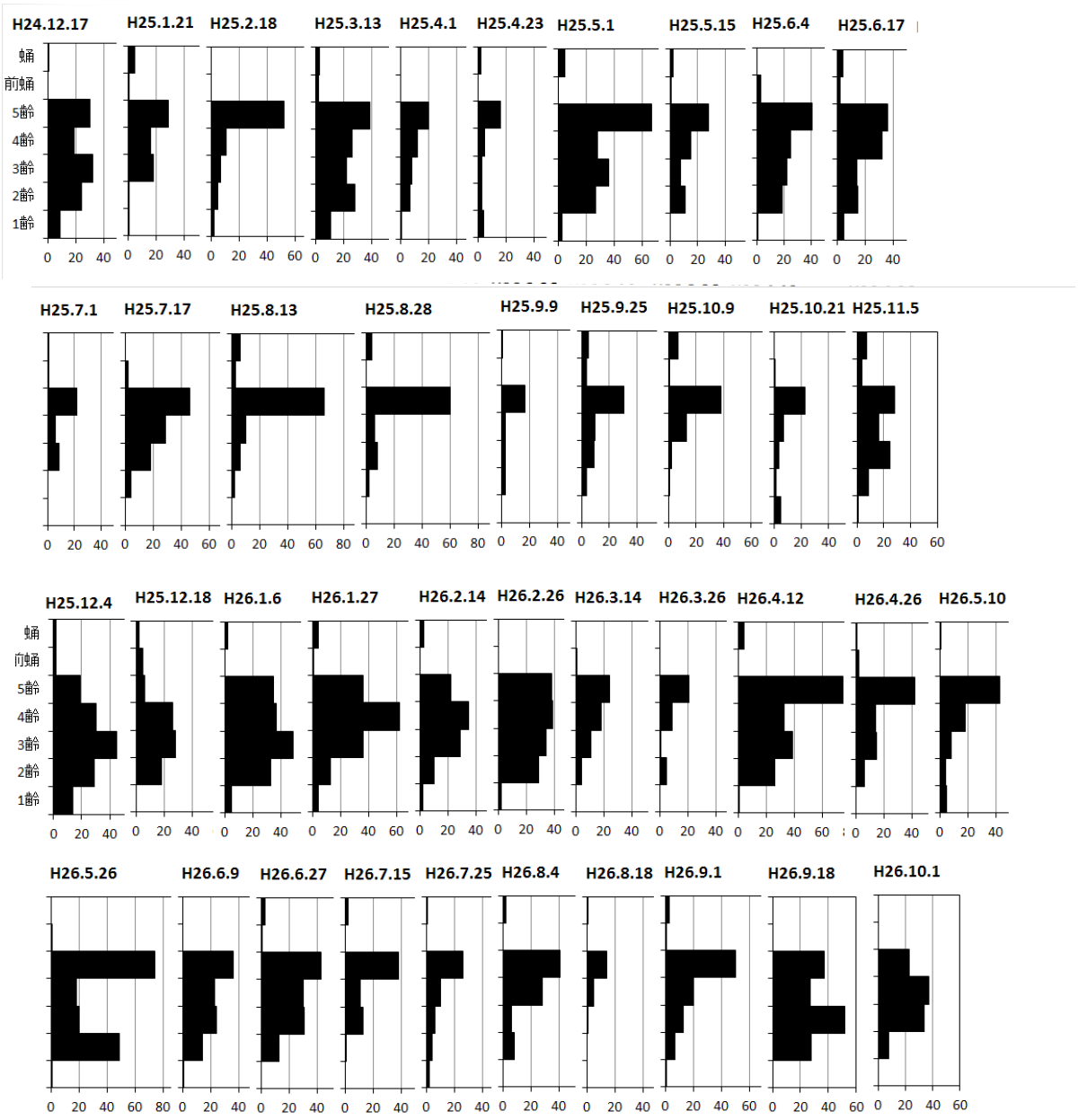


図 6　　田嘉里川におけるオキナワヒゲナガカワトビケラ幼虫（1～5 齢幼虫）と前蛹、蛹の出現頻度
縦軸は幼虫の齢期（1～5 齢幼虫）を示しており、横軸は各齢の出現個体数を示している。
個体数は 25cm コドラートで 4 回採集した数値（個体数 /0.25m^2）を示している。
毎月 3 齢～5 齢幼虫が確認できた。また、1～2 齢幼虫においても、大部分の月において確認できた。
少なくとも年 2 世代以上の可能性がある。

③５齢（終齢）幼虫の体重（湿重量）と体長の変化

５齢（終齢）幼虫の体重（湿重量）の変化を図７～８に示した。各調査日において、終齢幼虫の湿重量は 0.05 ～ 0.35g まで幅広く分布しており、成長を追うことは困難であった。また、高水温の時期に湿重量が軽くなる傾向は確認できなかった。

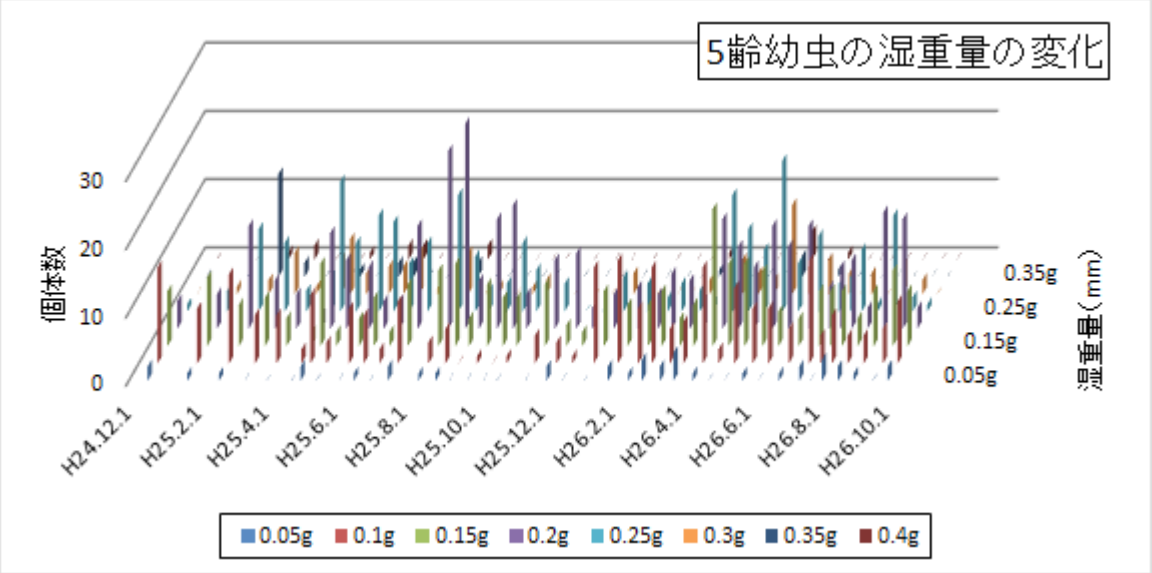


図７　オキナワヒゲナガカワトビケラの５齢幼虫の体重（湿重量）の変化

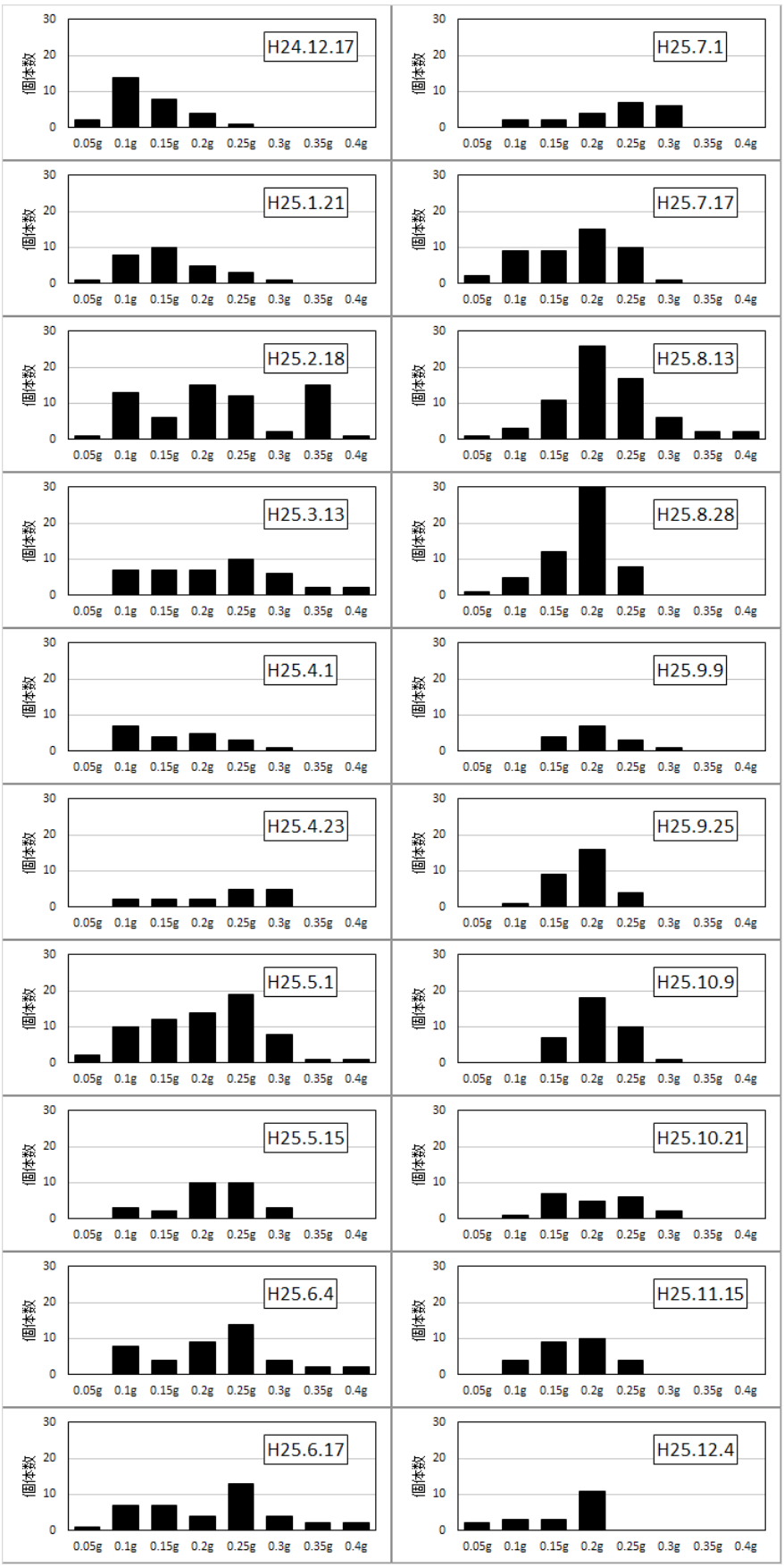


図８　オキナワヒゲナガカワトビケラの５齢幼虫の体重（湿重量）の変化

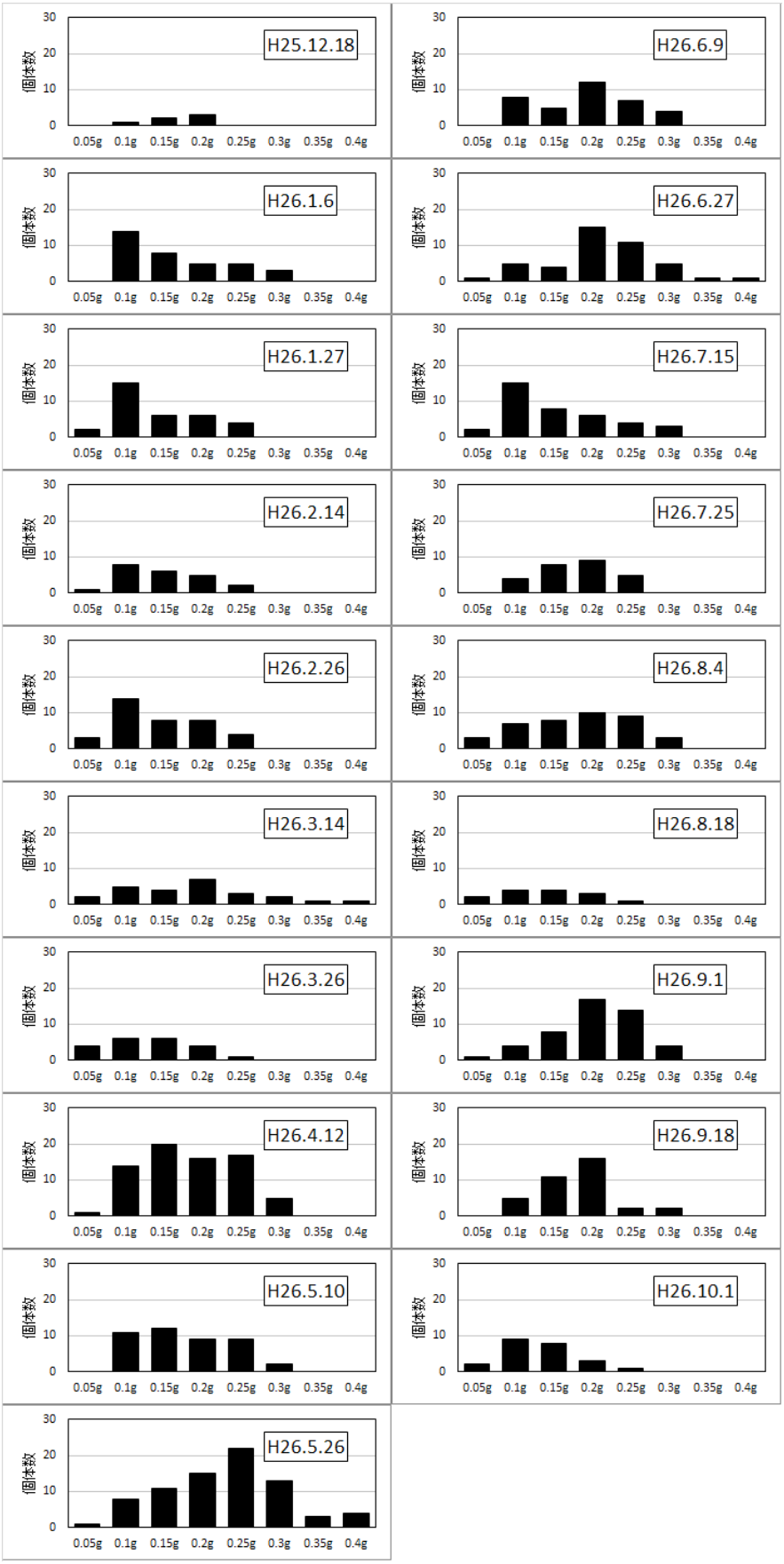


図８　つづき　オキナワヒゲナガカワトビケラの５齢幼虫の体重（湿重量）の変化

④灯火採集によるオキナワヒゲナガカワトビケラ成虫の確認状況

田嘉里川砂防ダム直下における灯火採集結果を図９に示した。調査期間中、常に成虫は採集できた。どの月においても、常にオスがメスよりも多く採集された。雄成虫で見ると、2013 年５月にピークが見られ、７月に最少となるが、その後、徐々に個体数が増加し、11 月には再びピークが見られた。その後、2013 年 12 月～ 2014 年２月まで個体数は減少しているが、３月～４月にかけて個体数は再び増加した。2014 年７～ 10 月までは、前年度と異なり、毎月個体数のピークが見られた。2014 年 11 月は、2013 年 11 月と同様に個体数のピークが見られ、12 月には減少した。

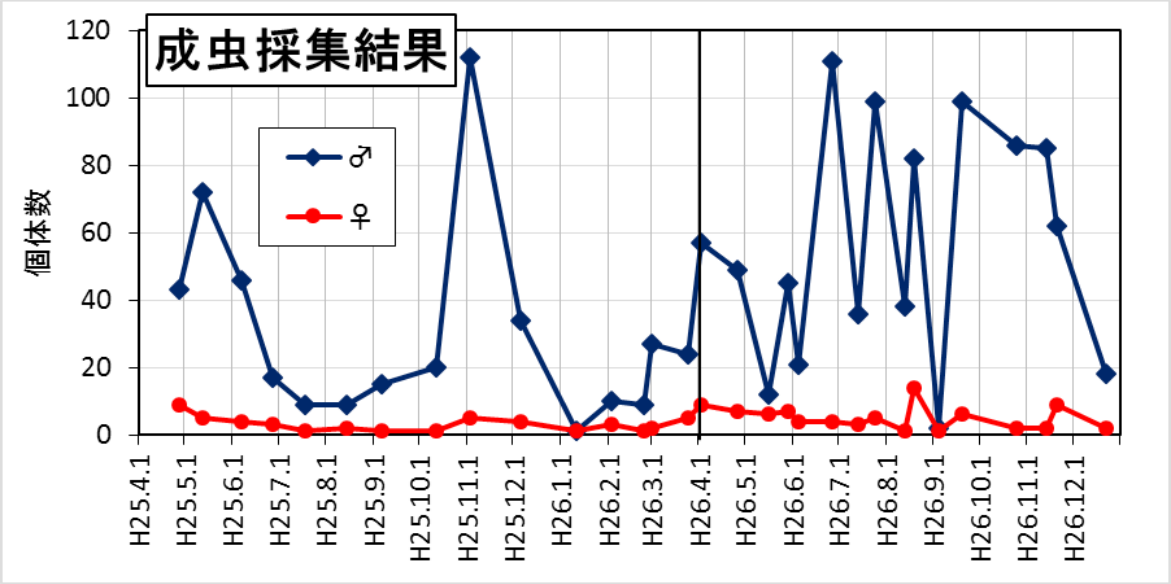


図９　田嘉里川砂防ダム直下での灯火採集によるオキナワヒゲナガカワトビケラ成虫採集結果

⑤オス成虫の体サイズ（前翅長）の変化

オス成虫の体サイズ（前翅長）の変化を図 10 および図 11 に示した。成虫においても各調査日において小さい個体から大きい個体まで幅広く確認でき、高水温の時期に体サイズが小さくなるという傾向は確認できなかった。

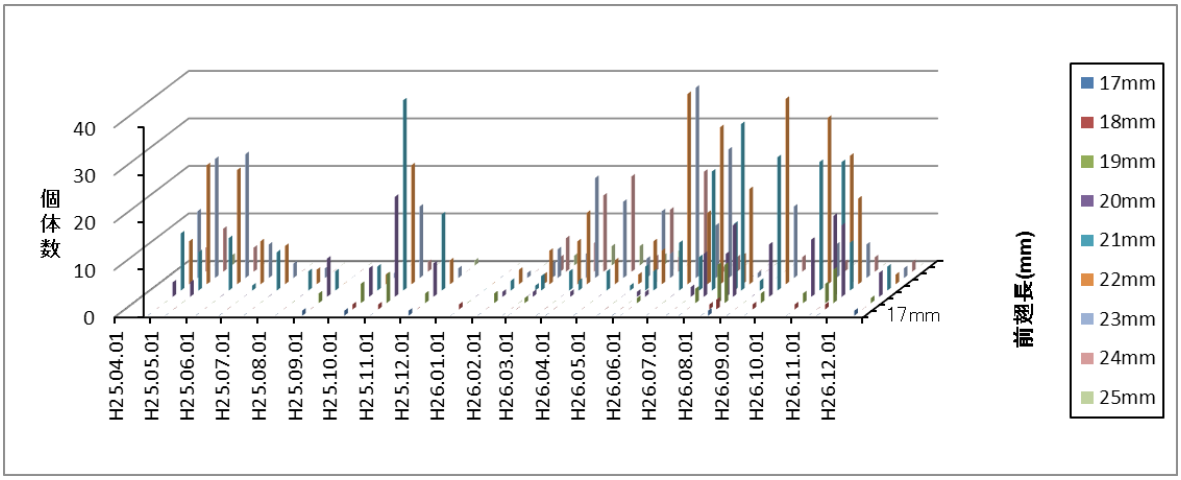


図１０　オキナワヒゲナガカワトビケラのオス成虫の体サイズ（前翅長）の変化

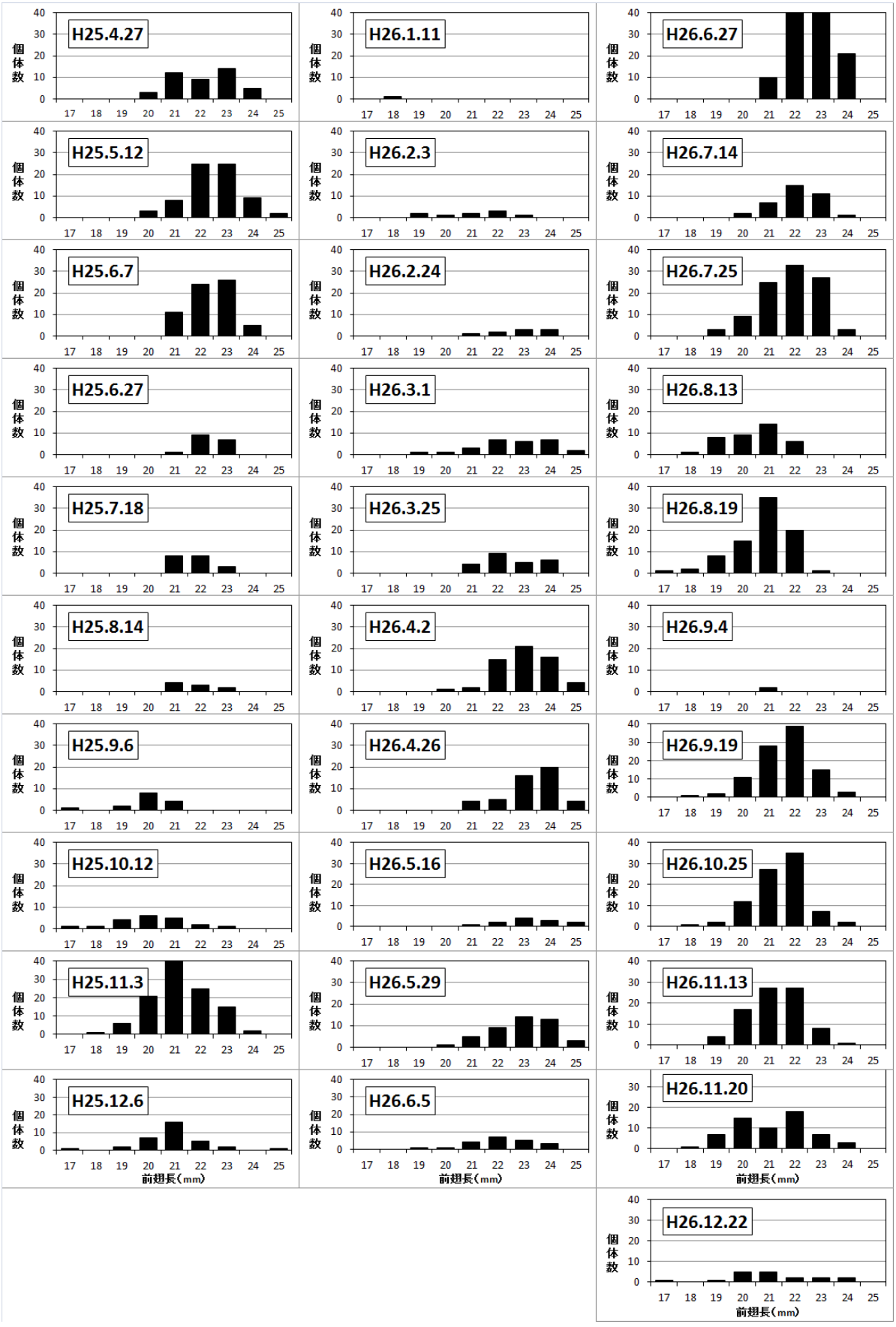


図１１　オキナワヒゲナガカワトビケラのオス成虫の体サイズ（前翅長）の変化

採集した成虫の体長と前翅長の関係を性別で示した（図 12）。オスは体長に対する前翅長が、近似線 y=0.6024x+12.847(R^2=0.4213) であるのに対して、メスは、y=0.4469x+13.956(R^2=0.2175) であった。すなわち、メスはオスと比べて体長に対する前翅長の割合が短いことが分かった。

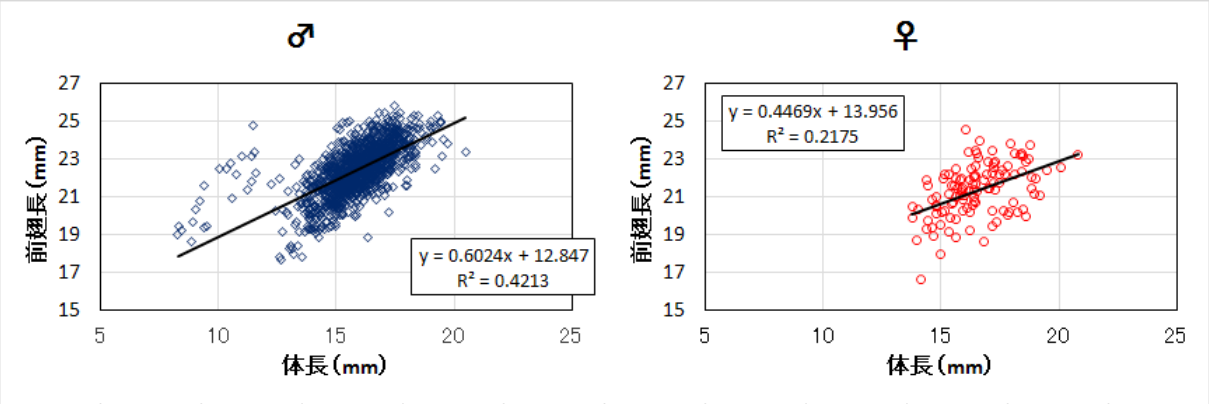


図１２　成虫の体長と前翅長の関係

⑥飼育条件下における羽化成虫数と成虫の平均生存期間

飼育条件下での羽化成虫は、オスが 13 個体、メスが 14 個体で性比はほぼ 1 ： 1 であった（図 13）。羽化成虫の平均生存期間は、オスが 9.85 日、メスが 9.71 日でほぼ同じであった（図 14）。

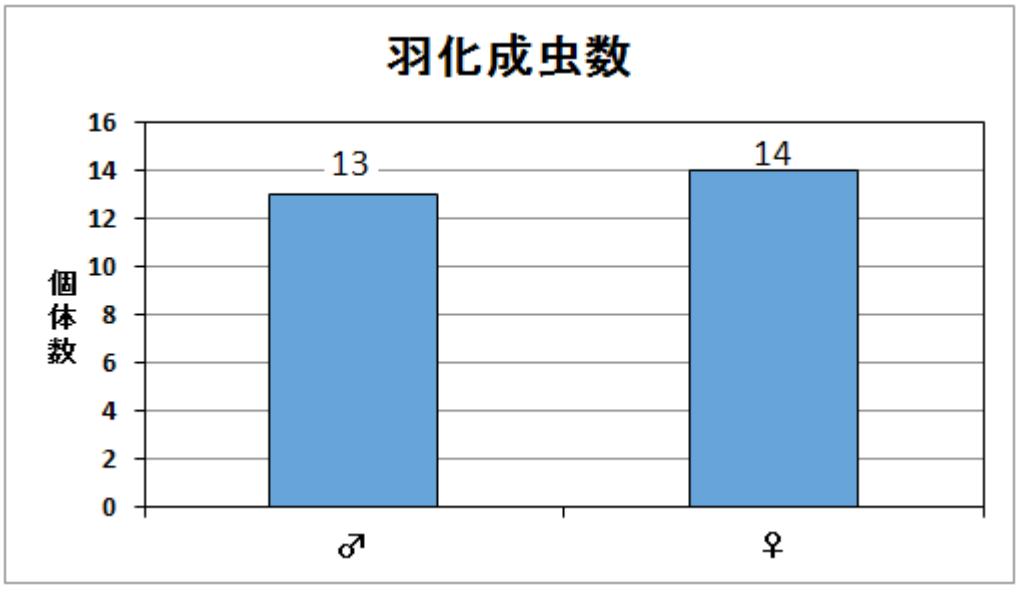


図１３　　飼育条件下におけるオキナワヒゲナガカワトビケラの羽化成虫数

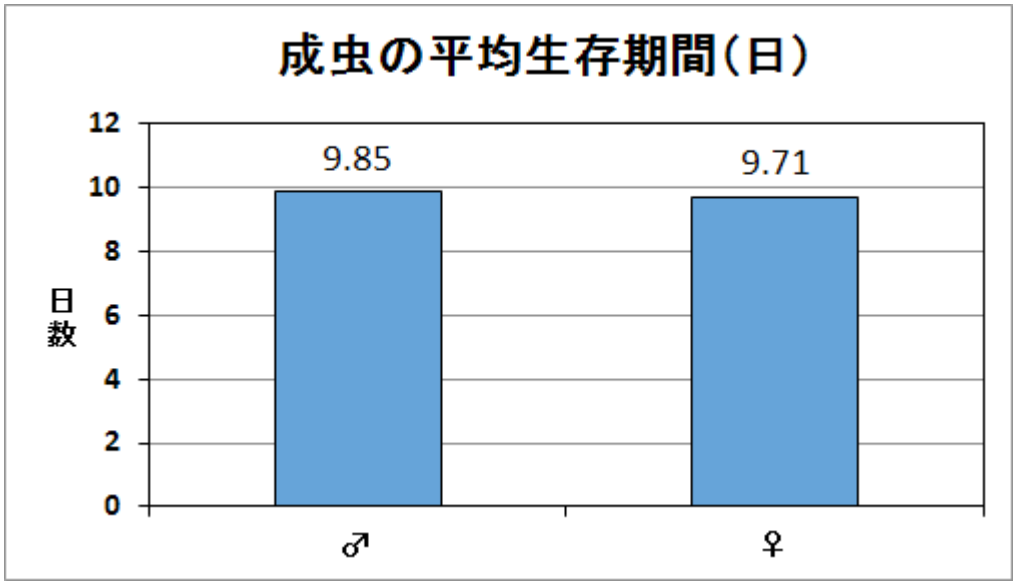


図１４　　飼育条件下における成虫の平均生存期間

　飼育水槽の日々の平均水温は、2014 年 5 月～ 10 月の期間で 24.3 ～ 29.4℃の範囲であり、田嘉里川砂防ダム直下の同時期の水温とほぼ同じであった（図 15)。

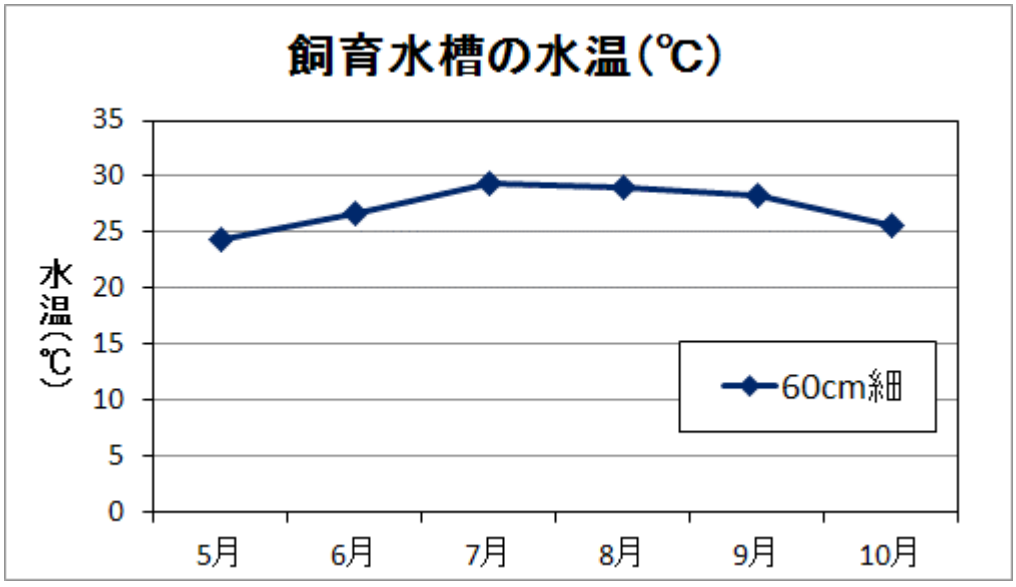


図１５　飼育水槽の水温の変化

６．考察

（1）水質

水質状況は田嘉里川砂防ダム直下では、比較的きれいな水であった。水環境としては良い状態であると考えられる。水温は、冬季でも１５℃未満にはほとんどならず、比較的高い水温を保っていた。

（2）オキナワヒゲナガカワトビケラの生活史と年間世代数の推定

終齢（5 齢）幼虫の出現頻度と若齢幼虫の出現頻度から、少なくとも年２世代以上の可能性が考えられる。日本の冷温帯域では、年間世代数は１～２世代であるが、亜熱帯地域である沖縄島では、それ以上の世代数が繰り返されている可能性が示唆された。河川の水温の高さによる、亜熱帯河川における水生昆虫の生活史特性が示されたと考えられる。

（3）終齢（5 齢）幼虫と成虫の体サイズの変化

終齢幼虫（5 齢）は各齢幼虫の中で最も幼虫期間が長いことが知られている。また、水温が高くなると、幼虫期間は短くなることが知られているため、終齢幼虫の体サイズを調べれば、野外での成長が追える可能性があると考えられる。終齢幼虫の体サイズとして体重（湿重量）の変化を調べたが、今回の調査結果では、高水温の時期に体サイズが小さくなるという結果は得られなかった。常に、体重の軽い個体から重い個体まで、混在している状態であった。水温以外にエサ条件などが体サイズに影響を及ぼしている可能性が考えられる。

成虫の体サイズとしては、前翅長を用いたが、終齢幼虫と同様に明瞭な結果は得られなかった。集計方法等をさらに検討し、より詳細な解析を試みる必要があるかもしれない。

今回の結果からは、常に様々な体サイズの幼虫と成虫が混在するという結果になった。このことは、常に産卵・成長している個体がいることの証拠となると考えられる。したがって、昨年度に考察した「周年繁殖の可能性」をより一層確かなものとする根拠となり得ると考えられる。

（4）灯火採集による成虫の出現状況および室内飼育による羽化成虫の性比と生存期間

今回の灯火採集では、2013 年 4 月～ 2014 年 12 月までの調査期間中、常に成虫が採集された。また、常に雄成虫が雌成虫よりも多く採集された。飼育結果からは、成虫の性比はほぼ 1:1 であった。原因として考えられることは、本州のヒゲナガカワトビケラでは、雌成虫が産卵のために遡上飛行することが知られており、雌成虫が砂防ダムよりも上流へ飛行してしまった可能性があるが、現時点では不明である。野崎（1988 年）によると、西丹沢白石沢（神奈川県）における灯火採集では、ヒゲナガカワトビケラの雄成虫が多いという結果が出ているが、その他の結果では、雌が多いか、個体数が少なくてはっきりしていない。今後、灯火採集を継続調査して、同様な傾向が続くかどうかを確認する必要がある。灯火採集を２年間継続することで、成虫の出現のピークをより一層詳細に把握できる可能性がある。

また、西村（1966）によると、ヒゲナガカワトビケラの成虫の生存期間は 7 ～ 10 日だそうである。雌成虫は死ぬ前に産卵すると考えられるので、成虫が確認できた月は、産卵していると考えられる。今回の飼育結果から、オキナワヒゲナガカワトビケラの飼育条件下における成虫の生存期間は、雌雄ともに約 10 日であることから、文献資料のヒゲナガカワトビケラの生存期間とほぼ一致すると考えられる。また、2013 年 7 ～ 9 月では、オス成虫の飛来個体数が少なかったが、2014 年 7 ～ 10 月では、毎月ピークに達していた。したがって、夏季の高水温による羽化阻害は見られないと考えられる。2013 年 7 ～ 8 月の灯火採集は、気象条件（月齢、気温、湿度、風など）が悪かった可能性がある。このことは、気象条件が成虫にとって良好であれば、常に灯火への飛来個体数が多くなる可能性があり、周年成虫が多数発生している可能性を示唆する。すなわち、成虫の発生ピークが不明瞭である可能性も考えられる。1 年 9 ヶ月にわたる灯火採集の結果からも、沖縄では周年繁殖の可能性が高い。

ある程度の個体数が採集できたオス成虫の体サイズ（前翅長）の変化では、9 月に最小となっていた。このことから、夏季の高水温により成長期間が短かったことが示唆される。

（5）ヒゲナガカワトビケラ科の年間世代数の比較

今回の研究結果と文献資料で調べた他の地域のヒゲナガカワトビケラ科の年間世代数と比較した（表２、図１６）。北海道では年１世代、東北では、最上流では年１世代、中流では年２世代、関東では年２世代。近畿では最上流では２年３世代、その他は年２世代であった。また、同じ河川でも最上流部の方が、中流よりも年間世代数が少なくなっている。これらの結果から、水温が高くなるにつれて、年間世代数が多くなる傾向が見られることがわかる。

沖縄では、今回の研究以外に、SHIMAMURA（1977）が普久川上流（現在は米軍演習区域内）において、*Stenopsyche sp.* という種名で齢期解析を行い、年３世代と推定している。当時は沖縄の水生昆虫の文献も現在よりも少ないことと、沖縄地方にはヒゲナガカワトビケラ科はオキナワヒゲナガカワトビケラ１種のみ生息していることから考慮する

と、SHIMAMURA が調査した *Stenopsyche sp.* は、オキナワヒゲナガカワトビケラである可能性が非常に高いと考えられる。

表２　　地域別で見たヒゲナガカワトビケラ科の年間世代数の比較

地方	都道府県	地域・河川	種　名	年間世代数	文献 No.
北海道	北海道	網走川	ヒゲナガカワトビケラ	年１世代	(13)
東北	山形	馬見が崎川	ヒゲナガカワトビケラ	最上流：年１世代 中流：年２世代	(13)
			チャバネヒゲナガカワトビケラ	年１世代	(1)
関東	神奈川	相模川	ヒゲナガカワトビケラ	小倉橋：年２世代	(14)
近畿	奈良	吉野川	ヒゲナガカワトビケラ	最上流（筏場）：２年３世代 支流（丹生川賀名生）：年２世代	(13)
	兵庫	円山川　他	ヒゲナガカワトビケラ	年２世代	(13)
	京都	宇川	ヒゲナガカワトビケラ	年２世代	(13)
	和歌山	紀ノ川　他	ヒゲナガカワトビケラ	年２世代	(13)
沖縄	沖縄	普久川	*Stenopsyche sp.*	年３世代	(7)
		田嘉里川	オキナワヒゲナガカワトビケラ	周年繁殖、年２世代以上	本研究

※文献 No. は、参考文献の番号を示している。

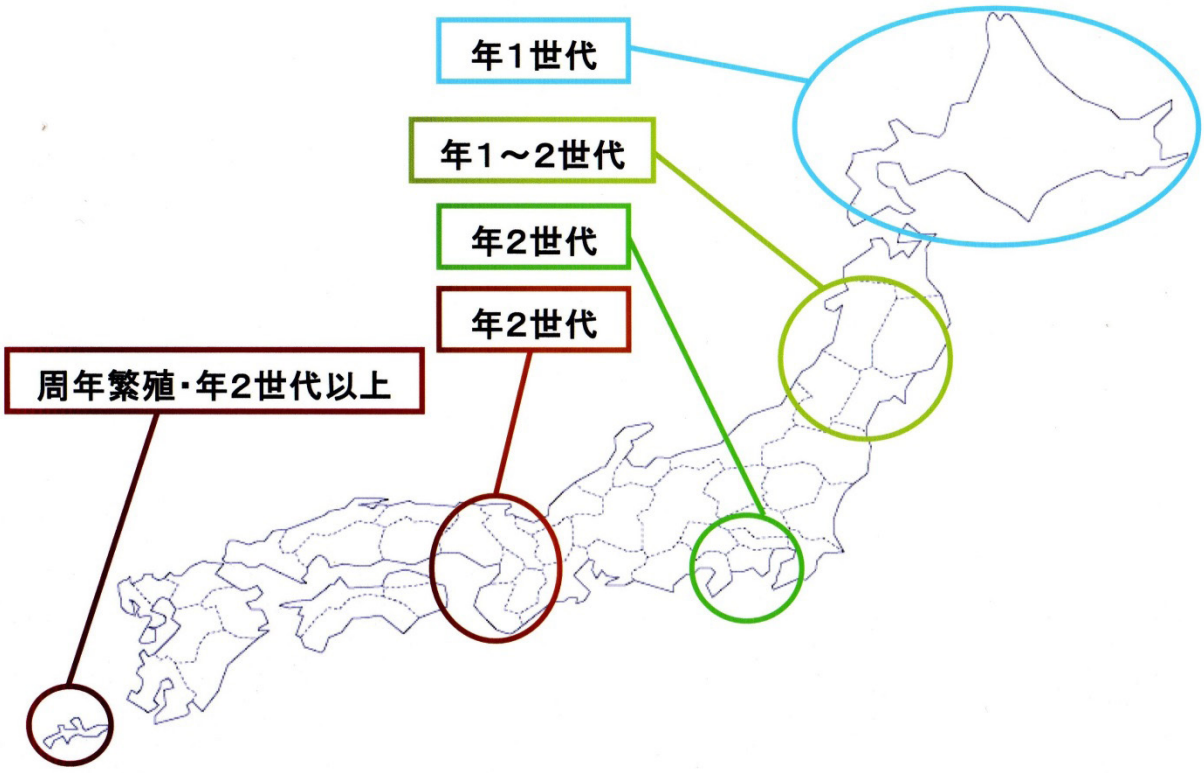


図１６　ヒゲナガカワトビケラ科の年間世代数の比較

したがって、沖縄では少なくとも年２世代以上の可能性が高く、年３世代の可能性もあると考えられる。日本を南下するにつれて、ヒゲナガカワトビケラ科の年間世代数は増加すると考えられる。

御勢（1970）によると、ヒゲナガカワトビケラが成長できなくなる水温である発育零点は４℃、蛹が成虫に羽化するのに必要な温度は 13℃以上だそうである。沖縄の田嘉里川では、冬季でも水温が 13℃以上あるため、幼虫は年中成

長し、蛹は年中羽化することができると考えられる。

これらのことから、昨年度の考察「周年繁殖の可能性」はより一層明確に示すことができたと考えられる。

熱帯地域では、香港の Tai Po Kau Forest Stream(TPKFS) において、ヒゲナガカワトビケラ科の一種である *Stenopsyche augustata* が周年繁殖であると報告されている（Dudgen,D. 1996）。この種の成虫は、周年確認できるが、５月と 11 月に個体数が多くなっている。オキナワヒゲナガカワトビケラはこの種の成虫の出現状況とよく似ている。今後、継続調査を実施して、成虫の出現状況を詳細に把握し、熱帯河川のヒゲナガカワトビケラ科とも比較していきたい。

７．今後の課題

（１）飼育技術を確立し、飼育下での 1 世代期間の推定。さらに、有効積算温度の算出。

（２）メス成虫は遡上飛行をするのか、あるいは、飛翔が苦手なのかを確認。

（３）体サイズと水温の関係のさらなる調査。

８．まとめ

（１）亜熱帯河川である田嘉里川の水温の特徴は、冬季でも 15℃以下にはほどんどならず、比較的高い水温を保つことである。

（２）３～５齢（終齢）幼虫は周年確認でき、１～２齢幼虫においても大部分の月において確認できた。

（３）灯火採集結果から、成虫は毎月確認できた。2013 年の７～８月は成虫の確認数が少なかったが、2014 年では７～ 10 月まで毎月個体数のピークが見られた。したがって、夏季の高水温による羽化阻害は見られないと考えられる。2013 年７～８月の灯火採集は、気象条件（月齢、気温、湿度、風など）が悪かった可能性がある。

（４）田嘉里川砂防ダム直下では、雄成虫の方が雌成虫よりも常に多く、灯火に飛来した。しかし、飼育条件下での成虫の性比はほぼ１：１であったことから、野外においても成虫の性比は 1:1 であると考えられる。

（５）メス成虫はオス成虫と比べて体長に対する前翅長の割合が短い。腹部に卵を持つため体長が長いとも考えられるが、翅が短いため飛翔が苦手とも考えられる。

（６）各齢幼虫の出現頻度の変化から年２世代以上の可能性があるが、各世代はかなり重複している。

（７）終齢幼虫および成虫は、各調査日において小さい個体から大きい個体まで幅広く確認できた。高水温の期間に体サイズが小さくなるという明瞭な結果は確認できなかった。水温以外にエサ条件などが、体サイズに影響を及ぼしている可能性が考えられる。

（８）飼育条件下における成虫の生存期間は雌雄ともに約 10 日であることから、メス成虫は周年産卵していると考えられる。

（９）これらのことから、昨年度の考察「周年繁殖の可能性」はより一層明確に示すことができたと考えられる。

９．謝辞

元神奈川県環境科学センター職員の野崎隆夫博士には、トビケラの生活史について助言をいただいた。また、ヒゲナガカワトビケラ科に関する文献を提供していただいた。

１０．参考文献（著者名 50 音順）

（１）青谷晃吉・横山宣雄、1989．共存域におけるヒゲナガカワトビケラ属２種の生活環．In 日本の水生昆虫　種分化とすみわけをめぐって．東海大学出版会．

（２）東清二、2002．増補改訂　琉球列島産昆虫目録．沖縄生物学会．

（３）Dudgen,D. 1996.　Life history, secondary production and microdistribution of Stenopsyche angustata (Trichoptera: Stenopsychidae) in a tropical forest stream.　J. Zool., Lond. 238, 679-691.

（４）岡内完治、2002．新版　だれでもできるパックテストで環境しらべ．合同出版．

（５）Kazumi TANIDA, 2002. Stenopsyche (Trichoptera: Stenopsychidae): ecology and biology of a prominent Asian caddis genus.

（６）河合偵治・谷田一三、2005．日本産水生昆虫　科・属・種への検索．東海大学出版会．

（７）Kensho SHIMAMURA　and　SADAO IKEHARA, 1977.　Seasonal Change of The Benthos at The Riffle in The Up-

per Reach of Fuku River of Okinawa Island. Ecol. Stud. Nat. Cons. Ryukyu Isl., III: 163-183.
（8）御勢久右衛門、1970．ヒゲナガカワトビケラの生活史と令期分析．陸水学雑誌.
（9）柴谷篤弘・谷田一三、1989．日本の水生昆虫．東海大学出版会.
（10）谷田一三、2000．原色　川虫図鑑．全国農村教育協会.
（11）津田松苗、1962．水生昆虫学．北隆館.
（12）西島信昇、2003．琉球列島の陸水生物．東海大学出版会.
（13）西村　昇、1987．日本の昆虫⑨　ヒゲナガカワトビケラ．文一総合出版.
（14）野崎隆夫、1988．神奈川県内河川に生息するトビケラ　1．ヒゲナガカワトビケラ科．神奈川県の水生生物　第 8 報.
（15）野崎隆夫、1988．西丹沢白石沢（神奈川県）におけるトビケラ目の灯火採集結果．神奈川県の水生生物　第 10 報.
（16）水野信彦・御勢久右衛門、1993．河川の生態学　補訂版．築地書館.

講　評

やんばる大宜味村の田嘉里川におけるオキナワヒゲナガカワトビケラの生活史を明らかにしようという意欲的な研究で、その努力量には目を見張るものがあります。月２回、２年間にわたる総調査回数もさることながら、試料を持ち帰って、個体数、頭長、体長、体重（湿重量）、前翅長等のデータを丹念に取り、１齢幼虫から５齢幼虫、蛹、成虫とすべてのステージのオキナワヒゲナガカワトビケラを分類するという仕事ぶりには、頭が下がります。夜間（日没直後）の灯火採集でも調査を継続したことにより、面白い結果が出ています。考察も豊富なデータの解析結果を検証する手堅いもので、論理的な飛躍がないことが好印象です。蛹～成虫の飼育に成功し、オスメスの性比が１：１であったことは、野外の採集だけではわからなかったもので、大きな成果の一つです。それによってまた、野外のメスがどこへ行くのかという新たな疑問も湧き、研究が発展していく予兆があってワクワクしますね。自分たちでも課題に挙げているように、卵～幼虫～蛹の飼育が成功すれば、当初の課題であった生活史の解明や、沖縄のような温暖な地域では１年間に３回世代交代するのではといった疑問の解決に直結するでしょう。継続研究が楽しみです。以下、やや気になる点を挙げますので、参考にしてください。

○過去の文献に普久川で、ほぼ同種と思われるトビケラが１年間に３回繁殖していると推定された報告があるようですが、この SHIMAMURA（1977）の方法と今回の方法の違いは何でしょうか。同手法での検証等は考えられませんか？

○１齢幼虫や２齢幼虫は最も数が多いはずなのに、採集個体数は少なくなっています。小さくて、採集が難しいものと思われます。採集方法にどんな工夫をしましたか？

○これだけ密にカワトビケラと関わるなら、生活史という点だけでなく、生態や形態などに特徴はありませんか。

広い視野で、生き物のさまざまな部分を見ると、意外なところでバイオミミクリーなどにつながる可能性もあります。期待しています。