

# 環境奨励賞

## 第35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 I ～チョウの種類から見る緑の豊かさ調べ～

名護市立屋部小学校  
6年 北村 滯

1 はじめに

昨年9月に家族で嘉津宇岳に行った時に、家の周辺では見られなかった沢山のチョウを見ました。私が住んでいる名護市の宇波佐ではそんなに沢山の種類のチョウを見ることは出来なかったのでも不思議に思いました。

チョウについて少し調べてみると、チョウの幼虫は食べる植物がだいじな決まっています。チョウの成虫は食べる植物のことを食草といいます。チョウの成虫を見ることにより、その地域にチョウの食草があることが分かる程度は分かるそうです。チョウの種類によって食草は異なっていて、森林に多く生きている種類や身近な草地で見られる種類まで様々だそうです。

したがって、チョウの成虫を観察することで、その地域の緑の豊かさがある程度分かるそうです。チョウによる緑の環境診断を「バタフライ・ウォッチング」といいます。わたしは「バタフライウォッチング」をやってみたくおりました。

そこで、嘉津宇岳で見られるチョウの種類と、私の住んでいるアパートの近くの場所とで、どれくらいのチョウの種類が違うのかを調べて比べてみました。

この研究では、嘉津宇岳と私の家の近くでバタフライウォッチングを行い、1年間を通して、どのくらいチョウが見られるかを比較します。さらに、チョウの種類によって緑の豊さを調べます。また、確認できたチョウの種類ごとの1年間にわたる個体数の変動をまとめ、チョウの多い時期と少ない時期を明らかにします。

2 調査場所

嘉津宇岳 嘉津宇岳入口(坂道)～嘉津宇岳駐車場までとします。

嘉津宇岳は石灰岩地であり、入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)

屋部川周辺: アパート～宇波佐郵便局の裏を流れる屋部川(東屋部川)の志味橋(左流側)までをルートとします。川沿いには、雑草が生え、数のおまき狂草が植えられています。また年に、何度か除草されています。(図2)



図1 嘉津宇岳における調査ルート

3



図2 屋部川における調査ルート

4

### 3. 調査方法

#### (1) 調査期間

2011年10月～2012年8月に調査を行いました。  
月2回以上をゆめやに調査を行いました。  
嘉津宇岳、屋部川、ともに3回の調査を行いました。

#### (2) 調査方法

ルートセンサス法で調査を行いました。図1,2で示した嘉津宇岳、屋部川周辺をルート移動しながら、チョウを観察しました。チョウを見かけたら図鑑等で種類を確認し、見ただけではすぐに名前がわからないチョウは、捕虫網で捕獲して種類を調べました。確認できたチョウの種類と個体数を調査票に記録しました。

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」ほどと「緑の残る環境」ほど、豊かな緑の残る環境」に分け、環境ポイントを設定されたチョウの得点を集計しました。各調査の合計点を嘉津宇岳と屋部川で比較しました。

さらに、1年間を通して調査を行うので、チョウの種類ごとの個体数の変化を調べました。これにより、どのチョウがどの時期に成虫が多く見られるかなどが分かります。

※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いただきました。

#### (3) 集計方法

チョウによる緑の環境診断 調査票1では、チョウが見られる環境区分によって、チョウの種類シブクファ(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:シブクファ)、また1点(例:アカダマシ)ほどと「緑の残る環境」で見られるチョウは3点(例:アオシバ)ほど、豊かな緑の残る環境で見られるチョウは4点(例:コバシバ)ほどと点(シブクファ)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

5

の緑が豊かであることがわかります。  
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 × ...  
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。

6



4. 結果

(1) 気温と湿度

2011年10月～2012年8月までの嘉津守岳と屋部川での調査日の気温と湿度を表し、おおよそ図示しました。調査はなるべく同じ日に行うようにします。まず、屋部川を早朝に調査し、昼前に嘉津守岳を調査しました。  
嘉津守岳では、気温は28.5～34.0℃の範囲でした。湿度は30～90%の範囲でした。  
屋部川では、気温は15.0～30.0℃の範囲でした。湿度は55～90%の範囲でした。

表1 チョウによる緑の環境診断 調査票(その1)  
調査場所 (嘉津守岳) 調査者 (北村 漣)

年度	年											
	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011
月日	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
曜日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日
時刻	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00
天候	(晴)	(晴)	(晴)	(晴)	(晴)	(晴)	(晴)	(晴)	(晴)	(晴)	(晴)	(晴)
気温	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
湿度	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59
環境	種名	点	1	7	8	10	1	1	1	1	1	1
緑の少ない環境	トシロオビアザハ	1	7	8	10	1	1	1	1	1	1	1
	トシロオビアザハ	1	7	8	10	1	1	1	1	1	1	1
	トシロオビアザハ	1	7	8	10	1	1	1	1	1	1	1
	トシロオビアザハ	1	7	8	10	1	1	1	1	1	1	1
緑の多い環境	トシロオビアザハ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	トシロオビアザハ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	トシロオビアザハ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	トシロオビアザハ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	トシロオビアザハ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	トシロオビアザハ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	トシロオビアザハ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	トシロオビアザハ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	トシロオビアザハ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	トシロオビアザハ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	トシロオビアザハ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	トシロオビアザハ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

表1つづき チョウによる緑の環境診断 調査票(その2)  
調査場所 (嘉津守岳) 調査者 (北村 漣)

年度	年											
	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012
月日	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
曜日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日
時刻	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00
天候	(晴)	(晴)	(晴)	(晴)	(晴)	(晴)	(晴)	(晴)	(晴)	(晴)	(晴)	(晴)
気温	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5
湿度	64	55	71	40	59	41	32	55	82	55	55	55
環境	種名	点	1	1	9	12	8	6	14	6	11	11
緑の少ない環境	トシロオビアザハ	1	1	9	12	8	6	14	6	11	11	11
	トシロオビアザハ	1	1	9	12	8	6	14	6	11	11	11
	トシロオビアザハ	1	1	9	12	8	6	14	6	11	11	11
	トシロオビアザハ	1	1	9	12	8	6	14	6	11	11	11
緑の多い環境	トシロオビアザハ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	トシロオビアザハ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	トシロオビアザハ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	トシロオビアザハ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	トシロオビアザハ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	トシロオビアザハ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	トシロオビアザハ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	トシロオビアザハ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	トシロオビアザハ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	トシロオビアザハ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	トシロオビアザハ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	トシロオビアザハ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

表1つづき チョウによる緑の環境診断 調査票(その3)  
調査場所 (嘉津守岳) 調査者 (北村 漣)

年度	年											
	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012
月日	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
曜日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日
時刻	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00
天候	(晴)	(晴)	(晴)	(晴)	(晴)	(晴)	(晴)	(晴)	(晴)	(晴)	(晴)	(晴)
気温	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
湿度	47	75	64	52	52	78	64	67	62	66	66	66
環境	種名	点	1	11	26	18	29	15	15	9	12	11
緑の少ない環境	トシロオビアザハ	1	11	26	18	29	15	15	9	12	11	11
	トシロオビアザハ	1	11	26	18	29	15	15	9	12	11	11
	トシロオビアザハ	1	11	26	18	29	15	15	9	12	11	11
	トシロオビアザハ	1	11	26	18	29	15	15	9	12	11	11
緑の多い環境	トシロオビアザハ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	トシロオビアザハ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	トシロオビアザハ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	トシロオビアザハ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	トシロオビアザハ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	トシロオビアザハ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	トシロオビアザハ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	トシロオビアザハ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	トシロオビアザハ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	トシロオビアザハ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	トシロオビアザハ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	トシロオビアザハ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2









4のつづき

(3)チョウの種数ごとの種数ごとの個体数変動

緑の少ない環境下で見られるチョウの個体数変動を図5に示しました。  
 嘉津守岳では、シロビアカゲハは2011年10月2日に173個体、10月9日に180個体確認できました。12月からはほとんど見られなくなり、2012年3月から徐々に確認できるようになりました。シロビアカゲハは2011年10～11月、2012年3～4月、5～8月にかけて個体数のピークが見られました。モンシロチョウは2012年3～4月にかけて、多い日で17個体確認でき、その他の期間は10個体未満の少ない個体数で変動していました。キチョウは調査期間中5個体以下の変動を繰り返していました。ツマクロヒョウモンは、2012年5～6月にかけて、多い日で9個体確認でき、その他は見られない月の方が多かったです。

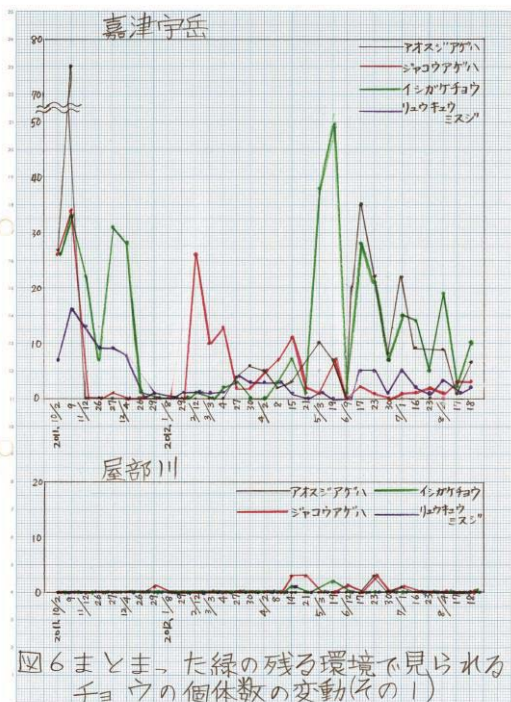
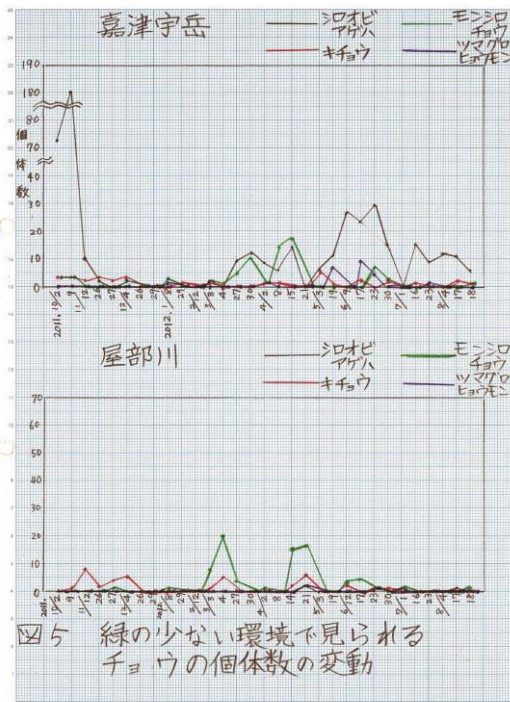
屋部川では、シロビアカゲハとツマクロヒョウモンはほとんど確認できませんでした。モンシロチョウは、2012年3～4月にかけて、多い日で20個体確認できました。その他の期間は0～10個体未満の少ない個体数で変動していました。キチョウは、2011年10～12月にかけて10個体未満の少ない個体数で変動し、3～6月にかけて5個体程度で変動しました。その他の月はほとんど見られませんでした。

またまた緑の残る環境下で見られるチョウの個体数の変動を図6に示しました。  
 嘉津守岳では、アオスジアゲハは2011年10月9日に15個体確認できました。2011年11月～2012年2月まではほとんど確認できず、3月から徐々に確認でき、6月17日に35個体確認できました。その後、8月まで確認できました。シロビアカゲハは2011年10月2日に26個体、9月に34個体確認できました。その後、12月～1月は確認できず、2月12日に26個体確認でき、それ以降の5月まで毎月確認できました。アオスジアゲハは、2011年10月、2012年2月～3月、4月～5月、6～8月にかけてピークが見られました。イシガキチョウは、ほぼ毎

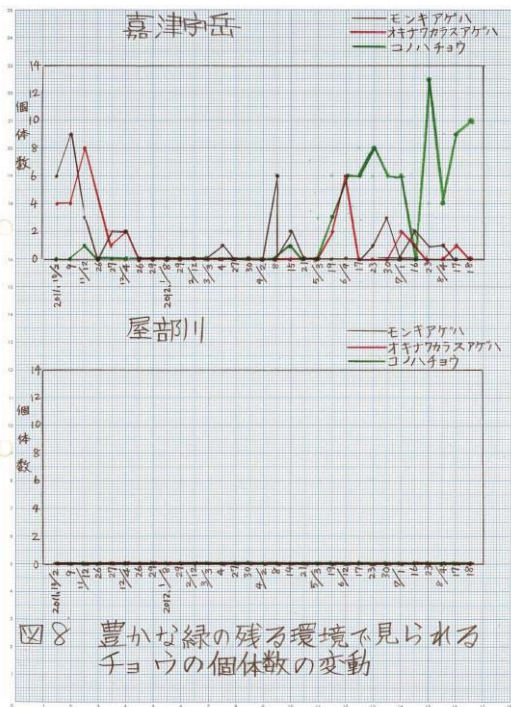
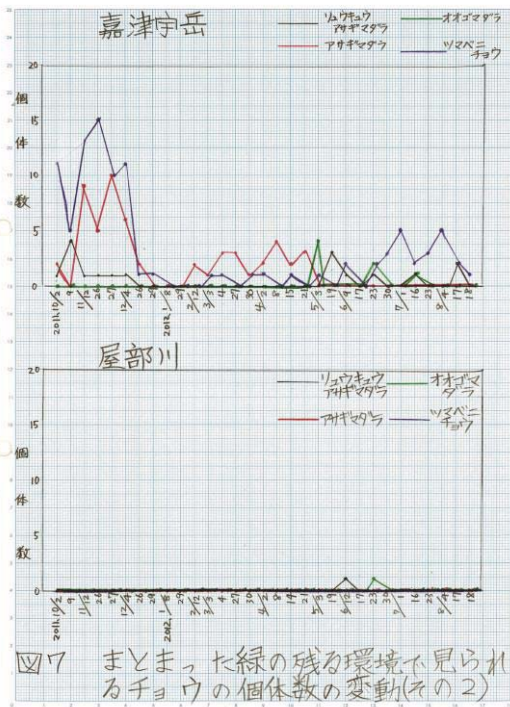
年確認でき、特に多かったのが2011年10月9日の33個体、2012年5月3日の31個体、5月19日の49個体でした。イシガキチョウは、2011年10～12月、2012年3～4月、5～8月にかけて、ピークが見られました。リュウキュウミスジは、ほぼ毎年にわたって確認ができました。リュウキュウアサギマダラは2011年10～12月は5個体未満確認できましたが、2012年1～4月は右確認できず、5～8月は2～3個体確認できました。オオゴマダラは2012年5月3日に4個体、6月23日に2個体、7月16日に1個体確認できました。アサギマダラは2011年10～12月に毎回10個体程度確認でき、2012年2～4月までは5個体未満確認できました。その他の月は確認できませんでした。ツマクロヒョウモンは2011年10月～12月は5個体程度で変動していました。2012年3～8月までは5個体以下の少ない個体数で変動していました。

屋部川では、これらのチョウは2012年4～6月に、多い日で3個体しか確認できず、その他の月はほとんど確認できませんでした。  
 またまた緑の残る環境下で見られるチョウの個体数の変動を図7に示しました。

嘉津守岳では、2011年10月～12月にかけて、モンシロチョウ、オキナワカラスアゲハが主に確認できました。2012年1～3月はほとんど右確認できず、4月から徐々にモンシロチョウ、オキナワカラスアゲハ、ゴッホチョウが確認できるようになりました。特に、ゴッホチョウが4～8月にかけて個体数が増えました。これら3種のチョウは、大まかに見ると10～12月、3～5月、6～8月にかけて個体数のピークが見られました。  
 屋部川周辺では、これらのチョウは、調査期間中1個体も確認できませんでした。







4のつづき

(4)嘉津守岳のチョウ検索シートの作成

チョウの幼虫の食草を图鉴などで調べて表3に示しました。これらの調査結果を基に嘉津守岳のチョウ検索シートを作成しました。以下に嘉津守岳のチョウ検索シートを示します。別冊川にして、検索シートを作成しました。このシートが本岳に嘉津守岳で見られるチョウの名前を調べる事ができます。また成虫の出現期間や幼虫の食草も載せました。成虫の出現期間は图鉴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古々に利用していただきたいと思います。

表3 チョウの食草一覧

環境	種名	点	食草名(科名)
緑の少ない環境に多い	シロオビアゲハ	1	ミカン科の植物
	ヤマトンジミ	1	カタバシ(中カバシ科)
	キチョウ	1	マメ科植物
	モンシロチョウ	1	キバナリンドウ科(ミカン科)、ミカン科の植物
	ナミアゲハ	2	ヒサカキ(ミカン科)、ミカン科の植物
	ヒメアガタハ	2	ハムゴウ(キク科)、ヨモギ(キク科)
	アカタテハ	2	カラマツ(イラクサ科)
	タテハモドキ	2	イラクサ(イラクサ科)、スズメノカタビラ(イラクサ科)
	アオタテハモドキ	2	イラクサ(イラクサ科)、オオバコ(オオバコ科)
	ウスイロノマチョウ	2	マメ科植物
緑の多い環境に多い	ウスイロノマチョウ	2	マメ科植物
	モンシロチョウ	2	ミカン科
	ウスキノリチョウ	2	トクサン(カキニール)デニソ(マメ科)
	カバマダラ	2	リュウウツ(カガヤ科)
	スズメバチマダラ	2	リュウウツ(カガヤ科)
	ツマグロヒョウモン	2	スミ科の植物
	アオスジアゲハ	3	クダシ(マメ科)
	ジャコウアゲハ	3	カマノスズクサ(マメ科)
	ナガサキアゲハ	3	カラスサ(ミカン科)、ハマセン(ミカン科)
	イシガキチョウ	3	イシガキ(クワ科)、カシ(クワ科)
メスアガムラサキ	3	ズバヒコ(ズバヒコ科)	
豊かな緑の残る環境	リュウキウムラサキ	3	キタマ(マダラ)マキ(キク科)
	リュウキウミスジ	3	タイワン(マメ科)
	ルリタテハ	3	サリト(イラクサ科)
	リュウキウヒメジャノメ	3	チガヤ(イラクサ科)、スズキ(イラクサ科)
	リュウキウアサギマダラ	3	リュウキウ(カガヤ科)
	アサギマダラ	3	サクラ(カガヤ科)
	オオゴマダラ	3	ホウライ(カガヤ科)
	フナムシマダラ	3	カシ(クワ科)
	ナミエシロチョウ	3	リュウキウ(カガヤ科)
	アマベニチョウ	3	キョボ(リュウキウ科)
豊かな緑の残る環境	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	カラスサ(ミカン科)、ハマセン(ミカン科)
	コノハチョウ	4	キナ(マダラ)マキ(キク科)
	テンダチョウ	4	カタバシ(キク科)
豊かな緑の残る環境	ミカドアゲハ	5	オオバコ(オオバコ科)
	リュウキウウラナミジャノメ	5	オオバコ(オオバコ科)
	フタオチョウ	5	カキ(マダラ)マキ(キク科)
	フタオチョウ	5	カタバシ(キク科)
	スミナガシ	5	カシ(クワ科)







## 7感想

見た事もないたくさんのチョウを嘉津守岳で見  
ておもしろそうと思い始めた調査でしたが、  
チョウの名前と特徴を覚える事がなかなか出来  
ず大変でした。  
今では調査地点で見られたチョウを全て  
覚える事が出来るようになりました。  
真の天然記念物のコノハチョウを初めて見た  
時はすごくうれしかったです。  
コノハチョウがたくさん見れる場所も発見す  
る事が出来ました。  
この調査は、私1人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。

## 8謝辞

父や母には調査に連れられてもらい手伝って  
くれました。寝る時もついてきてくれました。  
本研究にあたり、琉球新報社と毎日新報  
サイエンスクラブの助成金を頂きました。  
あと、兄には嘉津守岳のチョウ検定シートを  
この調査は、私ひとりでは続けることができません  
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 貞雄、1990、いらぶの自然・動物編、伊良部町
- (3)猪又 敏男、2006、蝶、株式会社山と溪谷社
- (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、沖縄の生きものたち、  
沖縄生物教育研究会
- (6)大野 照好、1999、琉球弧・野山の花、株式会  
社 南方新社
- (7)師尾 信、2003、続 蝶ウォッチング百選、株式  
会社 晩聲社
- (8)仲真 良英著、1980、沖縄教材植物図鑑、合資  
会社 沖縄時事出版
- (9)福田 晴夫・高橋真弓、1998、蝶の生態と観察、  
築地書館株式会社
- (10)湊 和雄、1998、南の島の昆虫記、(有)沖縄出版
- (11)屋比久 壮実、2004、植物の本、アクアコーラル  
企画
- (12)屋比久 壮実、2005、野草の本、アクアコーラル  
企画
- (13)Hiroshi Kuniyoshi, PaPilio ~蝶と自然と~  
([http://homePage3.nifty.com/paPilio/in  
dex.html](http://homePage3.nifty.com/paPilio/in<br/>dex.html))を転用した。

## 講 評

嘉津宇岳と屋部川周辺のチョウの出現種数と出現頻度を調べ、各々の場所で緑の環境診断をしています。1年にわたる長期間、各地点で月2回の調査を重ね、得られた豊富なデータを適切に処理し、分析した結果を基に嘉津宇岳のチョウ検索シートを作成しています。

調査では、屋部川周辺を早朝、嘉津宇岳周辺を昼前に観察されていますが、では、2地点の調査時刻を逆にしたら違いがあるのか（時間帯などによるチョウの出現に差があるかなど）、についても、今後の研究課題として取り組んでみてください。

このような調査研究は、データの蓄積を重ねると、その分析から新たな知見が得られることもあり、継続して丁寧に観察を続けてください。

また、バタフライシートについても、市の関係機関等に協力してもらい、観察会などで一般の方々などに使ってもらい、使いやすさと課題を導き出して修正し、素晴らしいものへと発展させてほしいものです。



# 環境奨励賞

## 第35回沖縄青少年科学作品展

### 鳥の巣見つけた

那覇市立首里中学校  
1年 前田 七星

No. \_\_\_\_\_  
DATE \_\_\_\_\_


**動機**

自分の家に大きな桜の木があって、台風や大雨で葉っぱが全部落ちて、鳥の巣を見つけて、初めて見たのでおどろきました。毎日、見ていたところ、かわいらしい形が可愛かったので、不思議に思い、くわしく調べたいと思いました。

**目的 (ねらい)**

1. 何の鳥の巣かを調べ、その鳥について調べる
2. 鳥の巣の特徴について調べる
3. 巣は雨や風以外にとげらる、強いかを調べる
4. 鳥は何木につけて巣をつけたか、その素材は何か調べる

鳥の巣を発見 四



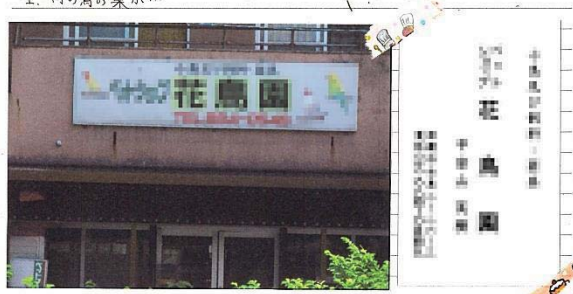
私の家の桜の木 →

7年65日 中村基雄用 4924

1

No. \_\_\_\_\_  
DATE \_\_\_\_\_

1. 何の鳥の巣か...



質問タイム

Q この巣はどの鳥の巣ですか? と質問したところ...

A. おそらく**ナジロ**がつくった巣だよ!! と答えてくれました。

**ナジロ**とは...

広義には鳥綱スズメ目メジロ科に属する鳥の総称で、狭義にはそのうちの一種をさす。種としてのメジロ *Zosterops japonica* は全長2センチの小形鳥で、背面は黄緑色、のどは黄色、腹面は白く、わきが褐色をしている。目を取り巻く白いリングが目立つ。

樹木の小枝や葉の間に活発に行動し、小さい昆虫を食べて食べるが、よばしは細くとかかり、舌の先がブラシ状になって、果実の果汁や花みつ(かみつ)を吸取るのに適している。

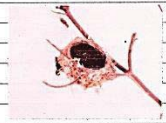
サクラやウメの花盛りにはたいていきてるし、ツバキの花みつに好んで集まる。冬は小群でいて、がさく鳴き度あしながらすごしている。

メジロ

7年65日 中村基雄用 4924

2

2. 鳥の巣の特徴について...



アリシのカップぐらいの大きさ  
ニまつ枝の間に、クモの糸でくっつけてあります。  
外側にコケがついているのが特徴で、新しいうちは緑色しています。  
町のメジロはビニールひもなども使います。  
←メジロ

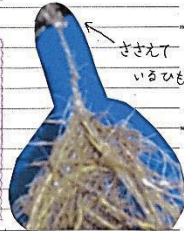
私が見つけた巣は



縦 → 3.9 cm  
横 → 13.2 cm  
おくゆき → 4.6 cm  
重さ → 23 g

巣を見て感じたこと

- ・白いひもがある (ビニールひもも使用している)
- ・枝にひもを巻いて巣をささえている
- ・ささえているひもは斜めに巻かれている
- ・そこが1番厚くつくられている



ささえているひも

3. 巣は雨や風以外にどれくらい強いかな...

(1) 目的

ビニール玉を巣の中に入れて、何%分のせたらやぶけるのかを調べる



(2) 準備

- ・道具①... はかり
- ・道具②... ビニール玉
- ・道具③... わりばし
- ・道具④... アルミホイル

(3) 予想

- パート1  
・ビニール玉を60個くらい入れたら、そこがやぶれていくと思う
- パート2  
・巣をささえているひもがきれていくと思う

実験開始

(4) 手順

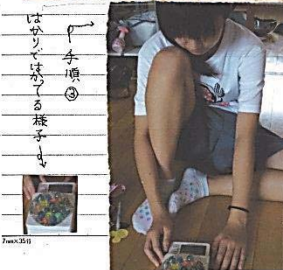
■ 実験手順



手順①  
わりばしでビニール玉をはさみ、巣がやぶけないように、やさしく1個1個いれねいにおくこと!!  
※ビニール玉をわりばしで入れないと、どうしてもいれねいにおくことができないので、わりばしを使うこと!!



手順②  
巣のそこがやぶけるまで、ビニール玉を積みかさねておき、いれたいはいるように考えてからおくこと!!  
※その時、何%でやぶけたかをメモリ、ビニール玉の重さを量ること!!

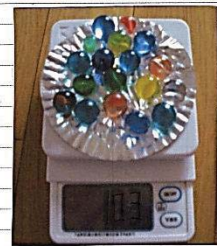


手順③  
はかりの上にアルミホイルをおき、ビニール玉全体の数と、ビニール玉全体の重さを量る  
※重さを量る時、ゆっくりビニール玉をおかなくて重さが変わるのを、やさしく置くこと!!  
● → 4個のビニール玉  
● → 6個のビニール玉

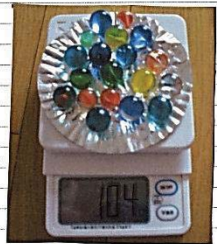
(5) 結果

表にしてみました。

1回	重さ... 703g (少しやぶけた)
2回	重さ... 704g (やぶけはじめた)
3回	重さ... 706g (穴があいた)



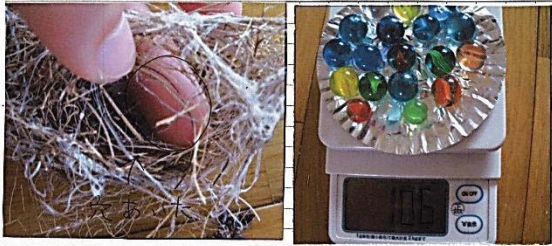
6個のビニール玉 707g



4個のビニール玉 704g



3回目



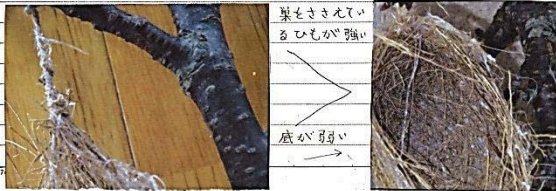
● 実験からわかったこと(考察) ↑6gのビーズ 16個  
4gのビーズ 4個

結果からわかったこと

メジロの巣は100g以上の重さのせるとやぶけてしまう!!

自分の予想と結果を比べる

私の予想は60gしかささえることができないか、巣をささえてい  
るひもがきれるかと思っていました。  
しかし、結果は、10.6g未満はささえることができ、巣をささえている  
ひもはきれてなくて、底がやぶけることがわかりました。  
つまり、巣の底より、巣をささえているひもの方がかんじょうにつくら  
れています。



7

### 気になったこと(ミニ実験)

私が見つけた巣は、工座にたまごを何個まで入れて、育てたのだろうか



↑ わりばし はかり 巣 うずらの卵 アレキホイル 3つで32g

実験道具... わりばし、巣、はかり、アレキホイル、うずらの卵

方法... メジロの卵はだいたいうずらの卵と同じなので、うずらの卵を使い  
実験します。まず、卵の重さははかり1個ずつ巣の中に入れていき  
ます。たまごまみには重さがないので並べる。

予想... 2つぐらい

結果

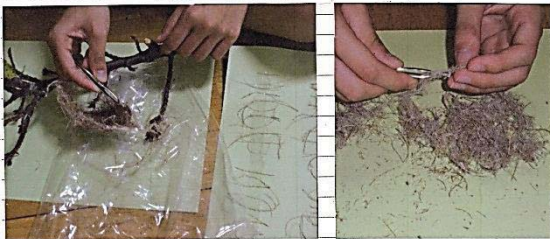
3つ入ることが  
わかった!!



8

4. 鳥は何本のひもを使って巣を作ったか...

巣を1本1本ほどいて何本あるかを知ってみました。



↑ 1本1本ずつとる様子

↑ カスカ、本数に入るかとわかる

注意すること

- (1) ひもがきれないよう、1本1本とる(その時、ピンセットを使用する)
- (2) 巣のひもの種類や本数をメモする

予想してみよう

① 白いビニールひもが10本、木の枝のひもが、50本ぐらいある



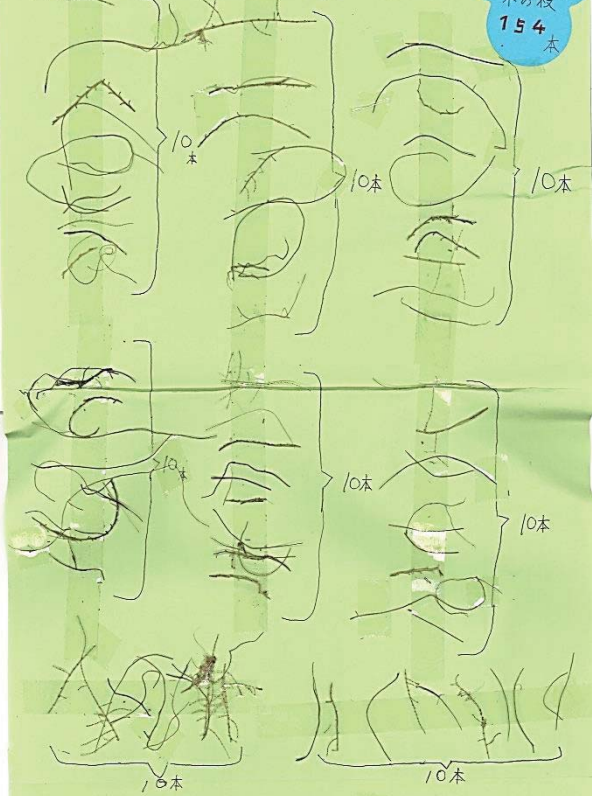
ひも

ビニールひもの方が木の  
枝のひもよりも多いと見  
える??  
予想 あってるかな??

9

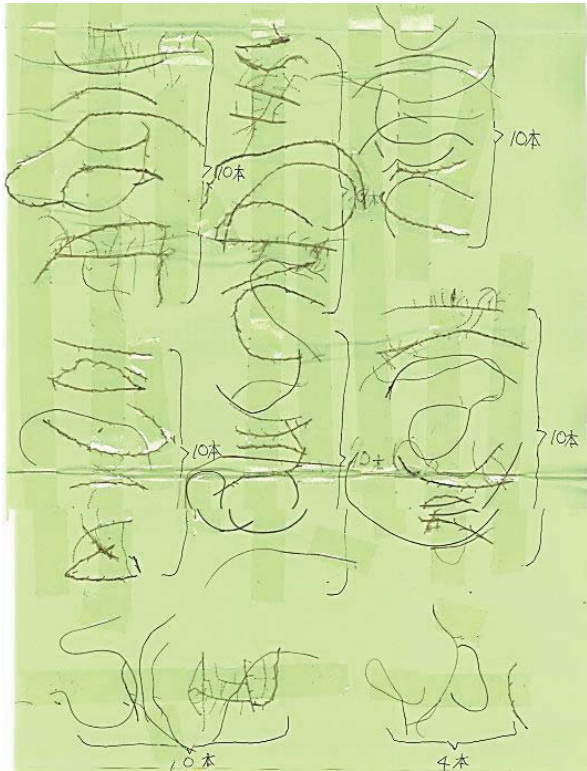
### 巣を分解した

木の枝  
154本

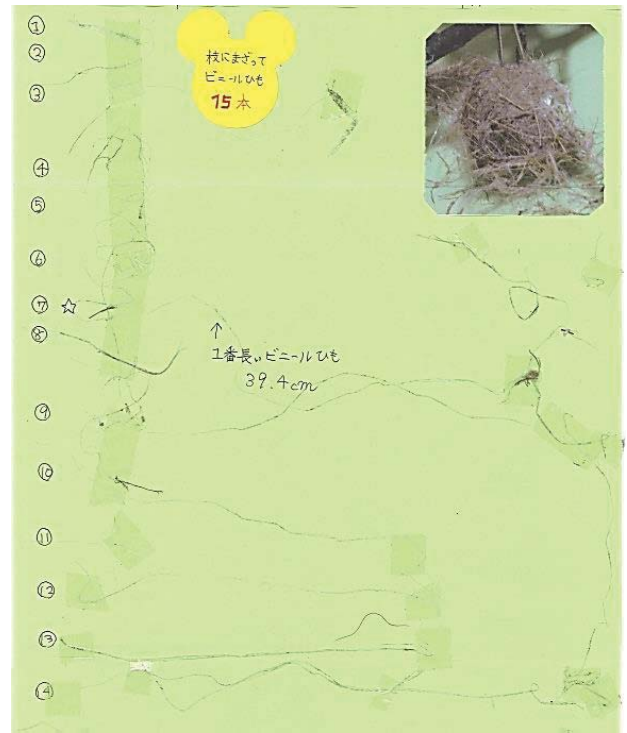


10





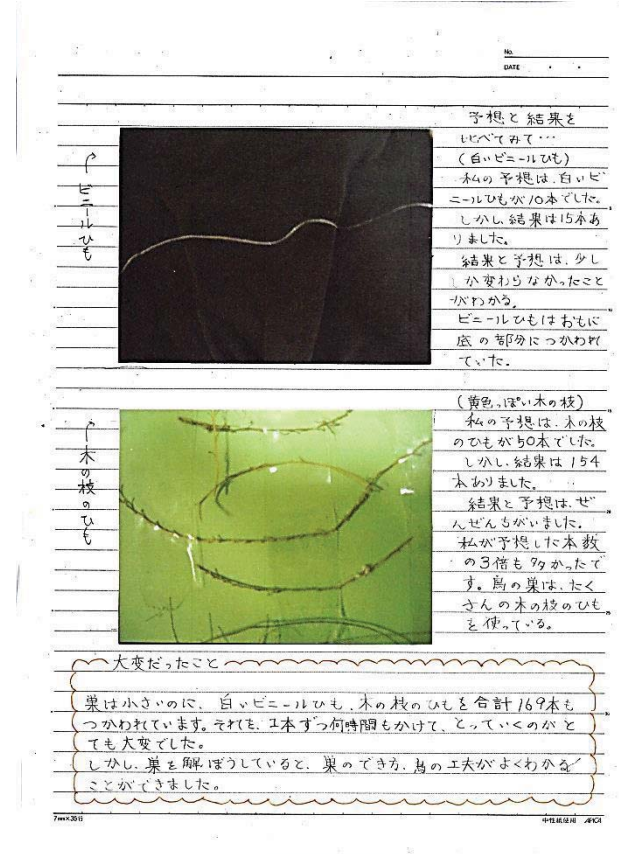
11



12



13



14



♡ 考察 ♡

① メジロの巣だと思った時...

私は、鳥の専門家から巣についていろいろなインタビューをして、90%以上メジロの巣だと考えられました。

インタビューをする前から、メジロの巣かなと思うことがいくつかありました。

インターネットや、図書館の本で調べてみて、桜の木に巣をつくるのは、ほとんどメジロだとわかったからです。

しかし、私はメジロが巣をつくらせているところを見ていないので、インターネットや、図書館の本の情報だけではメジロだと決めつけられなか、たので、専門家にインタビューをしました。

するとやはり、専門家からもメジロの巣だといわれ、90%以上カクタイしました!

② 巣はどれだけの重さかをたいされるかの実験をしている時...

実験では、ビニールを100g以上入ると、巣が徐々にやがけていったので、メジロの親と卵を組み合わせ、100g以下なら、巣がなぐたもてると考えられます。

③ 巣は1羽さどのところが丈夫か調べた時...

メジロの巣は、巣の底と巣を支えているひもの部分比べると、巣の底が厚いのに、巣を支えているひもの部分のほうが丈夫であることがわかりました。

しかし、私的には、外見も巣の底のほうが頑丈でしたので、巣を支えているひもの部分が丈夫とは予想もつきませんでした。

一番厚い巣の底より丈夫であるということは、メジロ達が小さな口ばしを上手にあつかい時間をかけて支えているひもの部分をつくらせたということが考えられました。

④ 巣を分解した時...

巣の厚い部分にビニールひもが多くつかわれていました。

私は、木でつくられているひもと、ビニールでつくられているひもでは、丈夫さが違うと思います。

木でつくられているひもは、手でちぎれます。

でも、ビニールでつくられているひもは、なかなかちぎれません。このことから、ビニールひもは木でつくられているひもよりきれにくいのので多く使用されていることが考えられました。

今後の課題

1) 今回は、ひろった巣、1個についての調査だけだったので、他のメジロの巣でも同じ結果が出るのかを調べる!

2) 他の鳥の巣はメジロの巣がどこが同じで、どこが違うのかを調べる!

3) メジロの巣がある木の種類に何か決まりなどがあるかを調べる!

4) 巣がある環境はどうなっているのか、それと巣の材料と関係があるのかを調べる!

5) メジロの巣はどのようにして、巣をつくらせたのかなどや、組み合わせはどうなっているのかを調べる!

コメント

反省

14枚しかまとめられてないので、もっと実験などを増やしてもっとまとめたほうがよかったです。

あと、実験をしたしよことして、顔も写さないといけないのかをわからなまま、自由研究をやったので、ちゃんと質問をちゃんとあけはよかったです反省しています。

工夫したこと

鳥の巣を何時間もかけて、かいぼうし、標本としてまとめたことなどです。鳥が多く売っているペットショップ、専門店へ行き、店長にインタビューをしていろいろなことを教えてもらったことです。また、インターネットでメジロのことや、鳥の巣のことを調べたことです。

苦労したこと

苦労したことは、巣をかいぼうし標本としてまとめたことです。かなりの時間がかかったことです。時間だけでなく、ごまかい作業だったので、精神的にもあったことです。

今後の課題

私は、鳥や、生き物にまったく興味なかったため、鳥の周りに生き物に目を向けような生き物に興味を持つことです。

そのほかにも、炭になったことは、すぐ調べて生き物の知識を増やしていきたいです。

『 終 了 』

## 講 評

自宅庭の桜の木に残されていた鳥の巣を台風の後に発見し、このひとつの鳥の巣について調べたユニークな研究です。専門家の意見も聞いて、「メジロ」の巣と突き止めた後は、ビー玉を載せて強度を調べ、さらには巣材を1本1本ほぐして分析しています。自分自身の興味関心に導かれて研究が進んでいく様子が伝わってくる楽しい作品です。

この巣では、強度が必要な箇所にビニールひもが使われていました。これは偶然でしょうか？それとも、メジロがひもの強度を区別してやっていることでしょうか？今回の研究は1つの巣について調べたものなので、これだけで判断することは難しいと思います。多数の巣（ヒナが巣立った後のもの）を用意して、同じように分析してみましょう。ビニールひもが使われている箇所に一定の傾向が見られるでしょうか？研究においては、同種の観察・分析を複数回行って得られたデータに見られる傾向に基づき考察するのが基本です。特に、個体差が想定される動物の行動（この場合、メジロの巣作り）に関しては、ある程度データ数を積み重ねる必要があります。この点を改善すると、より本格的な科学作品ができると思います。

「環境」というと、地球温暖化やオゾン層破壊などの大きなテーマが注目されがちですが、このような身近な環境に目を向けることがとても大切です。しかも、それは問題意識さえあれば、特別な道具や高度な知識を必要とせず誰にでも可能なことなのです。この研究は、そのことを伝えてくれています。



# 環境奨励賞

## 第35回沖縄青少年科学作品展

### モモタマナ種皮によるリパーゼ阻害活性に関する研究

沖縄県立那覇国際高等学校

2年 永山 寧乃 坂口 紗也子

#### I. はじめに

私たち那覇国際高校化学部は利用されていないモモタマナの実からバイオディーゼル燃料の作成と地域のエネルギー循環や資源の循環について2年前から研究を行っている（図1）。

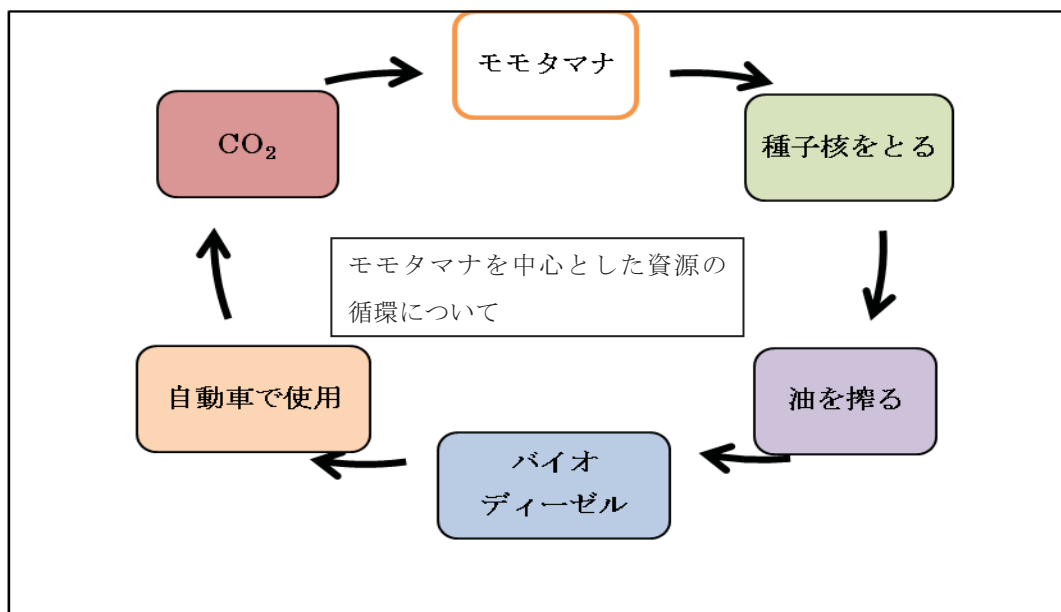


図1. モモタマナを使った循環型社会のモデル

昨年の研究でモモタマナ種核油のメチルエステル化(バイオディーゼル化)、燃焼実験を行った。今後は大量の油脂を抽出し、実際にエンジンを動かす段階に来ている。

モモタマナの種核から油脂を採る際、核の皮(種皮)は取り除いて油脂を抽出している（写真1）。

今後、大量の油脂を取る際、この種皮が廃棄物となって問題になると考えられる。私たちは可能な限り廃棄物を出さないように考えており、種皮の有効利用を考えた。

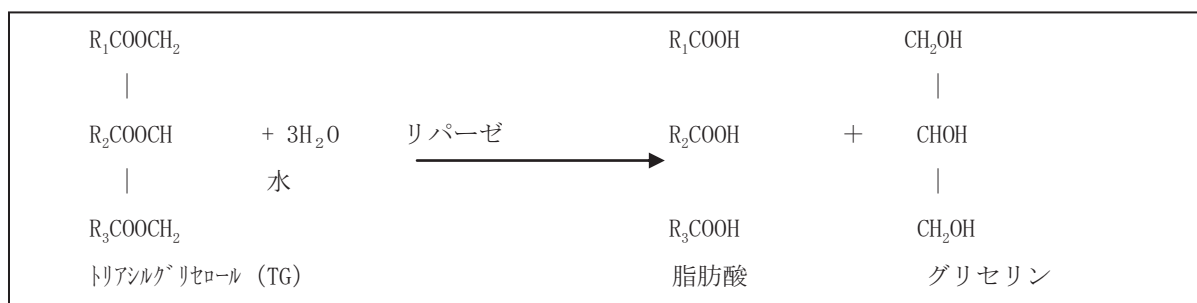
文献を調べると、沖縄県工業技術センターの報告でモモタマナの葉や幹にリパーゼ阻害活性があると確認されている。私達はモモタマナの種皮にも同様にリパーゼ阻害活性があるか研究してみた。



写真1. 核から皮を取り除いた様子

## II リパーゼ阻害について

食事により摂取された脂肪（トリアシルグリセロール）は、膵液や腸液中の脂肪分解酵素であるリパーゼにより脂肪酸とグリセリンに分解後吸収される。



リパーゼ阻害剤は脂肪の分解を阻害する働きがある（図 2, 3）。

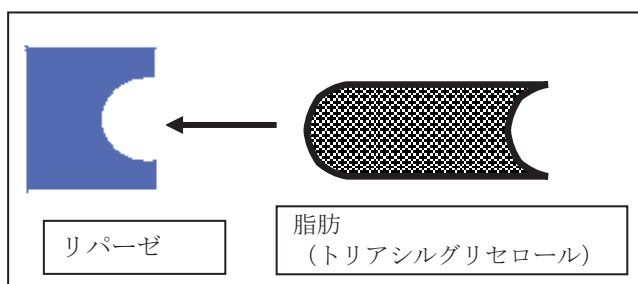


図 2. 酵素と基質の結合のイメージ

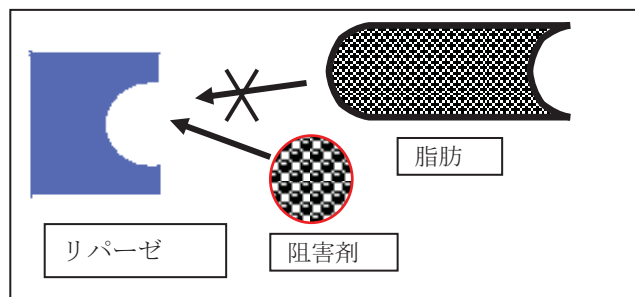


図 3. 酵素阻害のイメージ

リパーゼ阻害は、脂肪の消化・吸収を抑制し、血中脂質を低下させることを期待され、体に脂肪が付きにくいとされている。また、ニキビの改善の指標となっている。そのため、特定保健用食品や化粧品などに利用されている（写真 2）。

モモタマナ種皮にリパーゼ活性が認められれば付加価値の高い特定保健用食品や化粧品などに利用されると考えられる。種皮は取れる量は少ないが、阻害活性が認められれば、廃棄物の利用ができ、モモタマナを中心とした資源の循環ができると思われる。



写真 2. 市販されている特定保健用食品

## III 研究仮説

モモタマナ種皮も他の部位同様に、リパーゼ阻害活性が認められると考えられる。

そのため、モモタマナ種皮は廃棄物ではなく、資源として活用できると考えられる。

## IV リパーゼ活性の基礎実験

### 1. 目的

リパーゼ活性測定の確立と測定条件の確立のための実験を行った。

### 2. 酵素濃度と活性の関係

ブタ膵リパーゼ (sigma) を pH8.0 の 0.1mol/L リン酸緩衝液で濃度が 0、10、20、30、40、50、80mg/mL になるように溶かした。リパーゼ活性は以下の通り測定した。



### (1) リパーゼ活性測定 (滴定法)

原理・・・リパーゼは油脂を脂肪酸とグリセリンに分解する。分解される脂肪酸を中和滴定にて求める方法である。

- ①100mL 三角フラスコにオリーブ油 (健栄製菓) 1.5mL、pH8.0 の 0.1mol/L リン酸緩衝溶液 4.0mL、水 3.5mL を加え、よく混ぜる。(A: 本試験、B: 空試験 (ブランク) を用意する)
- ②37°Cのインキュベーターで 10 分間保つ。
- ③その後、本試験 A は酵素液 1mL 加え、37°C、60 分間反応を行い、空試験 B は酵素液を加えないで 37°C、60 分間インキュベーターで反応させた。
- ④アセトン-メタノール溶液(1:1, v/v)を 10mL 加え反応を停止させる。その後、空試験 B には酵素液 1mL を加えた。
- ⑤フェノールフタレイン溶液を数滴加え、0.05mol/L 酸化ナトリウム水溶液で滴定する。液の色が赤色になり、30 秒持続したら終点とする。
- ⑥リパーゼ活性は反応液の滴定値からブランクの滴定値を引いたもの (A-B) とする。

### (2) 結果

リパーゼ濃度 0~50mg/mL まで直線状に活性値が上がり、80mg/mL ではやや下がった。50mg/mL のときリパーゼ活性が 3.0mL と最も高くなった。(図 4)。

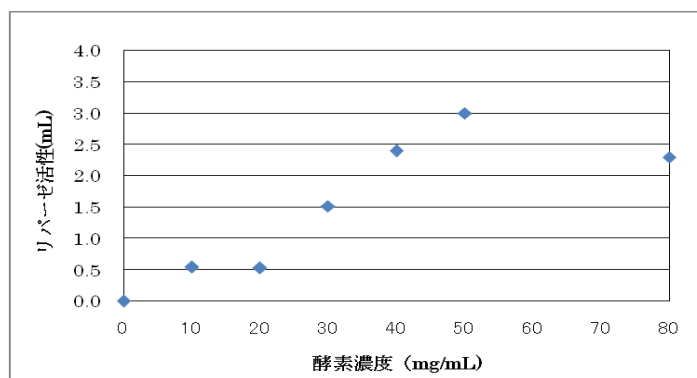


図 4. リパーゼ活性と濃度の関係

### 3. 酵素反応と時間の関係

#### (1) 方法

酵素濃度 40mg/mL の酵素液を用いて、37°C 下に置き、90 分後まで 15 分ごとにリパーゼ活性を測定した。活性測定は前述のとおり行った。

#### (2) 結果

0~75 分までは直線状に活性値が高くなり、90 分後では、活性値が少し低くなった (図 5)。75 分のときにリパーゼ活性が 4.1mL と最も高くなった。

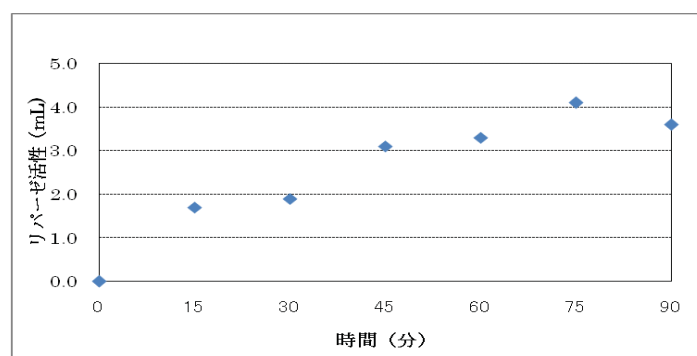


図 5. リパーゼ活性と時間の関係

#### 4 生成物の確認 (薄層クロマトグラフィー)

油脂の分解生成物 (脂肪酸) の確認を薄層クロマトグラフィーを用いて行った。

##### (1) 方法

①右表のような反応系で前述の通りにリパーゼ活性測定を行った。

リパーゼ溶液 (酵素液) 50mg/mL、37°C、60 分間反応を行った。

	オリーブ油	リン酸緩衝液	水	酵素液
酵素のみ	0mL	5.5mL	3.5mL	1mL
基質のみ	1.5mL	5mL	3.5mL	0mL
酵素+基質	1.5mL	4mL	3.5mL	1mL

②停止液はクロロホルム-メタノール溶液 (2:1、v/v) 10mL を加えて振り混ぜた。

③静置後、下層クロロホルム層をスポイトでサンプル管に移して TLC 用検液とした。

④TLC プレートに「酵素のみ」、「基質のみ」、「酵素+基質」の検液をマイクロシリンジで 10  $\mu$ L ずつ、スポットした。

⑤展開溶媒としてヘキサン-酢酸エチル-酢酸 (50:50:1、v/v/v) を展開槽 (500mL ビーカー) に入れ、しばらく放置し展開槽を溶媒蒸気で飽和させた。

⑥試料をスポットした TLC プレートをしばらく放置してクロロホルムを風乾した後、TLC プレートを展開槽に入れた。

⑦下端から均一に溶媒が上昇するのを確かめ、上端に達したら TLC を引き上げた。

⑧ヨウ素の入った密閉容器中に数分置いて発色させた。

##### (2) 結果

「酵素のみ」では顕著なスポットが見られなかった。

「酵素+基質」では「基質のみ」には見られなかったスポットを確認できた。生成した脂肪酸だと考えられる (写真 3)。

基礎実験の結果、酵素濃度は 50mg/mL、反応時間は 75 分が最適であることがわかり、阻害実験はこの条件で行うことにした。

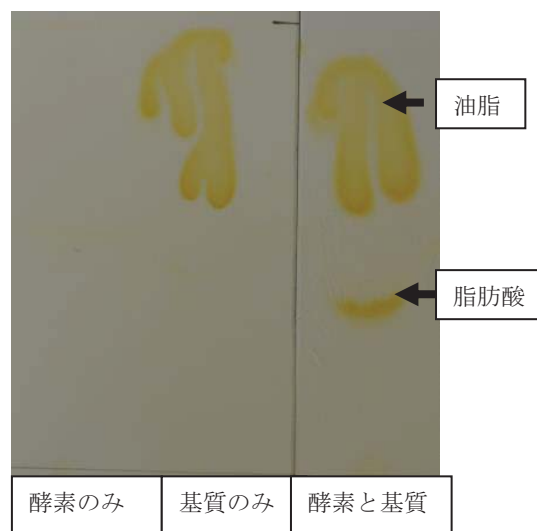


写真 3. 反応生成物の TLC



## V モモタマナ種皮のリパーゼ阻害活性の測定

### 1. 目的

私達の仮説を確かめるために、リパーゼ阻害活性を調べてみた。すなわち、リパーゼの加水分解反応において種皮の抽出液が阻害剤としてはたらくのか調べてみた。また、抽出方法により、阻害活性に違いがあるか確かめてみた。

### 2. モモタマナ種皮から有効成分の抽出

モモタマナ種皮 1g を抽出溶媒（水、50%エタノール）24g に入れ、一晩、冷蔵庫の中で成分を抽出した。また、抽出方法の違いを検討するために、モモタマナ種皮 1g を 50%エタノール 24g に入れ、スターラーで一晩攪拌し、成分を抽出した。ろ過後、試料として実験に用いた。

### 3. リパーゼ阻害活性試験

下の表のような反応系を用いて、酵素濃度 50mg/mL、75 分、37°C で反応を行った。活性測定は前述のとおり（IV-2-（1））を行った。コントロールとは試料（抽出液）を加えない、リパーゼ活性のことである。

	オリーブ油	リン酸緩衝液	水	酵素液	試料	抽出溶媒
コントロール A	1.5mL	4mL	3mL	1mL		0.5mL
空試験（ブランク） B	1.5mL	4mL	3mL	1mL		0.5mL
阻害活性（試料） C	1.5mL	4mL	3mL	1mL	0.5mL	
空試験（ブランク） D	1.5mL	4mL	3mL	1mL	0.5mL	

なお、リパーゼ阻害活性は次式を用いて計算を行った。

$$\text{リパーゼ阻害率} = 100 - \left( \frac{\text{試料の滴定値 C} - \text{試料のブランクの滴定値 D}}{\text{コントロールの滴定値 A} - \text{コントロールのブランクの滴定値 B}} \right) \times 100$$

### 4. 結果

どの抽出方法でも、リパーゼ阻害活性が認められた。水抽出が 24.4%、50%エタノール抽出が 35.8%、50%エタノール+スターラー攪拌抽出したものが 67.8%で最も高い阻害率を示した。（図 6）。

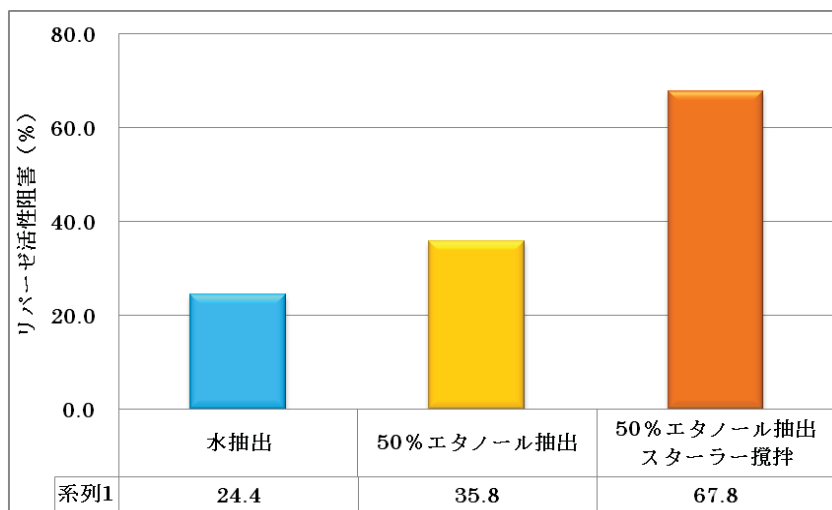


図 6. モモタマナ種皮のリパーゼ活性阻害（抽出条件の違い）

## VI 部位によるリパーゼ阻害活性のちがい

### 1. 目的

沖縄県工業技術センターの文献によると、葉や幹にリパーゼ阻害活性があると報告されていたので、部位によって、リパーゼ阻害活性に違いがあるか調べてみた。

### 2. 方法

(1) 校内に生えているモモタマナのから葉と枝を採取し、定温乾燥機にて乾燥した。その後、葉、枝 1g を細かく粉碎し、それぞれ 50%エタノール 24g に入れ、スターラーで一晩攪拌し、成分を抽出した。ろ過後、試料として実験に用いた。

(2) 活性測定、阻害活性の計算は前述のとおり (V-3) に行った。

### 3. 結果

阻害活性は、種皮が最も高く 67.8%、枝が 32.8%、葉が 4.4%だった。葉の阻害活性は小さかった。(図 7)

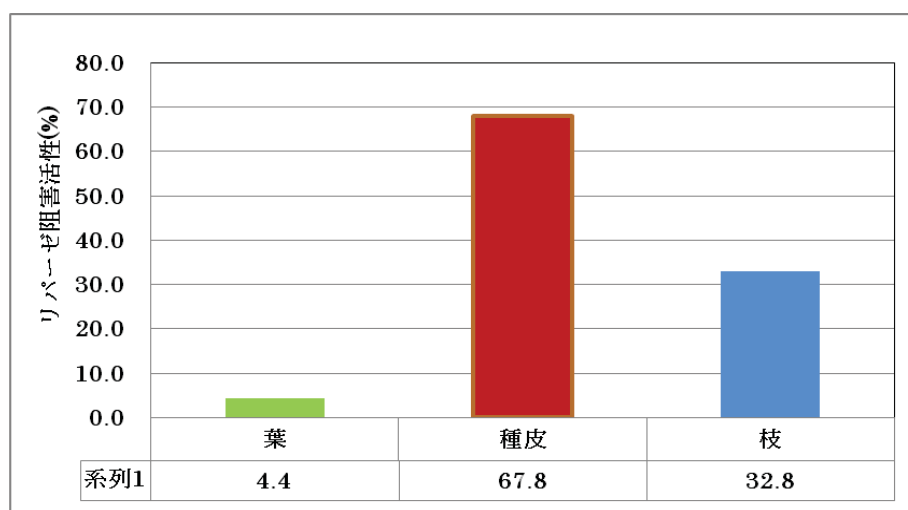


図 7. 部位の違いによるリパーゼ活性阻害

## VII リパーゼ阻害活性している物質はなにか？

### 1. 目的

種皮、葉、枝に含まれているリパーゼ活性を阻害している物質は何か調べてみた。阻害剤はペプチドやポリフェノール類が多いと報告があるのでニンヒドリン反応、塩化鉄(III)  $\text{FeCl}_3$  水溶液による呈色反応、フェーリング液の還元、吸収スペクトルの測定などを行い分析してみた。

### 2. ニンヒドリン反応

#### (1) 方法

- ①種皮、葉、枝の 50%エタノール攪拌抽出物をそれぞれ 10 倍にうすめる。
- ②試験管にそれらを 1mL ずつ入れ、ニンヒドリン液を 1mL 加え、加熱した。  
赤紫色に呈色したら、アミノ酸かペプチドが入っていると考えられる。



(2) 結果

赤紫色に呈色しなかったので、アミノ酸やペプチドが含まれていないことがわかった (写真4)。

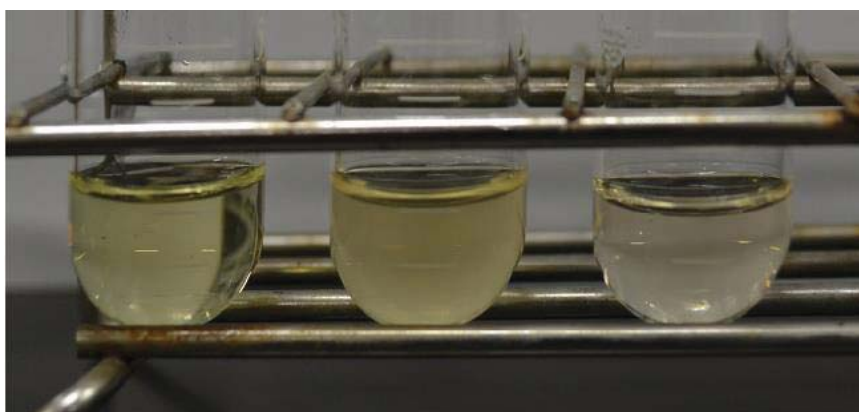


写真4. ニンヒドリン反応の結果

3. 塩化鉄(III)FeCl<sub>3</sub>水溶液による呈色反応 (フェノール類の確認)

(1) 方法

- ① 種皮、葉、枝の50%エタノール攪拌抽出物をそれぞれ10倍にうすめる。
- ② 試験管にそれらを3mLずつ入れ、FeCl<sub>3</sub>溶液を1~2滴加える。青紫色に呈色反応を示したらフェノール類が含まれていると考えられる。

(2) 結果

紫系統の呈色がみられたので、葉、種皮、枝にフェノール類が含まれていることがわかった (写真5)。

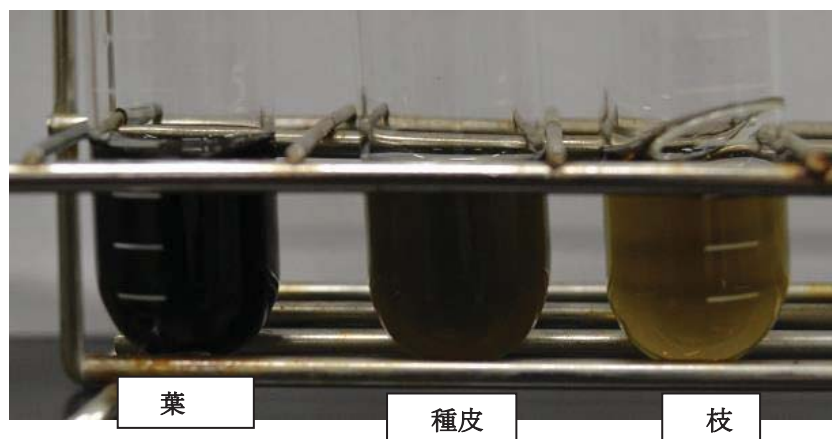


写真5. 塩化鉄(III)FeCl<sub>3</sub>水溶液による呈色反応の結果

4. フェーリング液の還元

(1) 方法

- ① 種皮、葉、枝の50%エタノール攪拌抽出物を、それぞれ試験管に3mLずつ入れる。
- ② それらにフェーリングA液1mLとフェーリングB液1mLを加え、加熱する。  
酸化銅(I)の赤色沈殿が見られたら、還元性のある物質であると考えられる。

(2) 結果

赤褐色の沈殿物がみられたので、還元作用のある物質が含まれていることがわかった (写真6)。

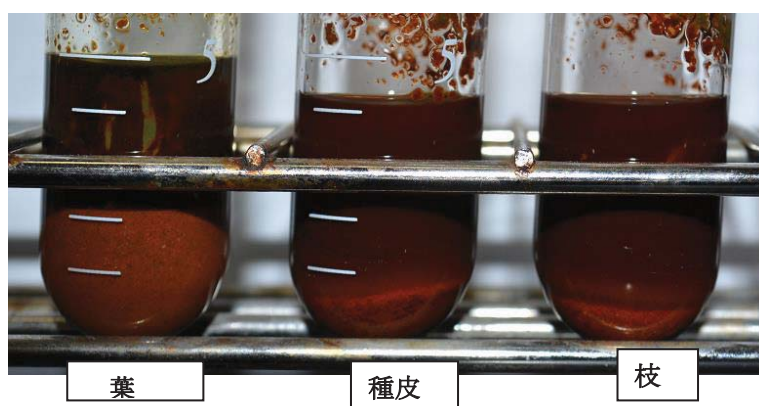


写真6. フェーリング液の還元の結果

5. 吸収スペクトルの測定

(1) 方法

抽出した試料分光光度計 (SHIMADZU UVmini-1240) を使って測定した。  
測定条件は波長 200nm~900nm の吸収スペクトルで行った。

(2) 結果

①葉 50%エタノール攪拌抽出  
(20倍希釈)

ピーク検出	吸光度	バレイ検出	吸光度
672.0nm	0.043	631.0nm	0.011
365.0nm	4.0	584.0nm	0.010
327.0nm	4.0	339.0nm	2.741

365nmと327nmで高い吸光度を示した。

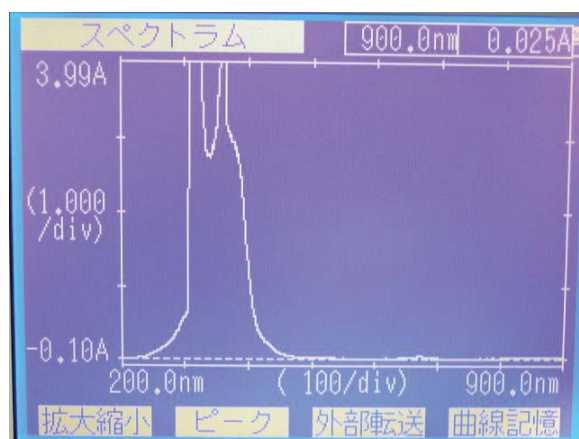


写真7. モモタマナ葉の吸収スペクトル

②種皮 50%エタノール攪拌抽出  
(20倍希釈)

ピーク波長	吸光度	バレイ検出	吸光度
365.0nm	1.977	338.0	1.682
309.0nm	4.000		

365nmと309nmで高い吸光度を示した。

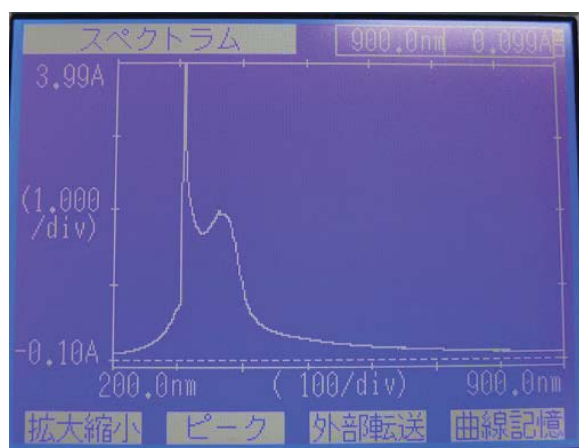


写真8. モモタマナ種皮の吸収スペクトル



③枝 50%エタノール攪拌抽出  
(10倍希釈)

吸収波長	吸光度
307.0nm	1.631nm

307nm で高い吸光度を示した。

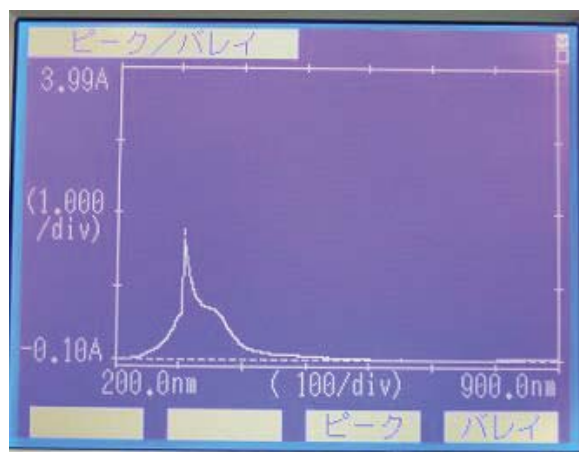


写真 9. モモタマナ枝の吸収スペクトル

## VIII 市販されている脂肪の吸収を抑える商品のリパーゼ阻害活性

### 1. 目的

モモタマナ種皮のリパーゼ阻害活性がどれだけの強さがあるか、市販されている「脂肪吸収を抑える飲料水(商品 A)」と比較してみた。

### 2. 方法

活性測定、阻害活性の計算は前述のとおり (V-3) に行った。

### 3. 結果

抽出条件や濃度も異なるので、一概に言えないが、モモタマナ種皮の方が商品 A よりも リパーゼ阻害活性が高かった。

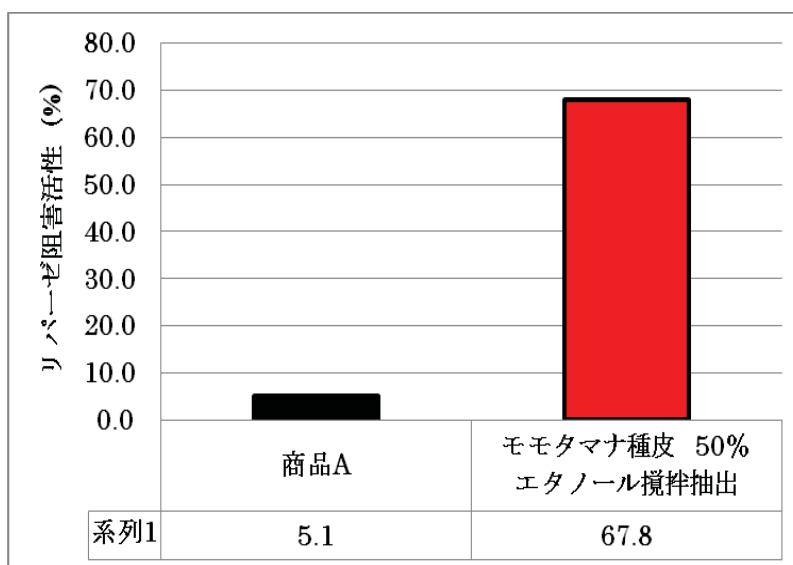


図 8. モモタマナ種皮と商品 A のリパーゼ阻害活性

## IX 考察

私たちの仮説通り、モモタマナ種皮にもリパーゼ阻害活性が見られることがわかった。今回の葉や枝よりも阻害活性が高かった。沖縄県工業技術センターの報告によると葉の阻害率は 73.5%で幹が 45.6%との報告があった。測定方法は異なるものの、種皮の阻害活性は葉の 15 倍以上、枝の 2 倍以上であった。モモタマナ種皮は葉や枝と違い可食部であるため、葉や枝、幹などの部位よりも健康食品などに利用しやすいと思われる。当初の目的であった資源としての活用ができると考えられる。

今回の実験で高い阻害活性を示したのは 50%エタノール攪拌抽出である。しかし、50%エタノールを抽出溶媒として用いたのは文献を参考にしたものである。もっと効果的な抽出法もあると考えられるので、今後、検討しなくてはならない。

基質としてオリーブ油を使用した。油脂と水、緩衝液などは混ざらない。そのために、リパーゼ活性測定は界面活性剤を用いることが多い。しかし、今回の酵素活性測定では界面活性剤を使用していない。なぜなら、界面活性剤として Triton X-100 を使用した酵素活性を試みたが活性値が上昇しなかったからである(未発表データ)。それゆえ、今回は界面活性剤なしでリパーゼ活性測定を行った。リパーゼ阻害は界面活性剤の種類で効果の有無があると報告がある。モモタマナ葉の抽出物や商品 A は界面活性剤の存在下でリパーゼ阻害活性を示すものと思われる。今後、界面活性剤の存在下での阻害活性の比較が必要である。

リパーゼ阻害活性を示す物質は何か検証したところ、ペプチドやアミノ酸ではなくフェノール類で還元性を持つものであると考えられる。モモタマナにはポリフェノール類が含まれているという報告あり、市販されているリパーゼ阻害活性を示す商品もポリフェノール類を含んでいるものが多い。ポリフェノールは抗酸化剤としても利用されている。また、ポリフェノールの一つであるフラボノイドは 340~370nm に極大吸収波長を有している。モモタマナの種子や葉は 365nm に極大吸収波長が確認できた。ゆえに、阻害活性を示す物質はポリフェノールだと思われる。今後、薄層クロマトグラフィーなどを用いてポリフェノールの同定をしていきたい。

## X 今後の課題

1. 界面活性剤を用いた、リパーゼ阻害活性の確認。
2. ポリフェノール類の薄層クロマトグラフィーを行い、モモタマナ種皮に含まれる物質を同定する。
3. 抽出法の検討（エタノールの濃度の違いや水の温度の違い）を行う。
4. モモタマナ種皮のリパーゼ阻害は競合阻害か非競合阻害なのかを調べる



## XI 参考文献

- ・「沖縄県産植物抽出物のリパーゼ阻害活性」 豊川哲也、鎌田靖弘、照屋正映、上地美香、新垣美香、市場俊雄、沖縄県工業技術センター研究報告書第5号 2003年
- ・「食品およびサプリメント中の腓リパーゼ活性阻害物質」 榮 昭博、関崎 悦子  
桐生短期大学紀要、第17号、2006年
- ・「脂質の消化に及ぼす乳化の影響」 森内安子 神戸女子短期大学 論攷 56巻 47-52 2011年
- ・「実験生体分子化学」 秋久俊博 他 共立出版 2007年
- ・「ウーロン茶重合ポリフェノールの血中トリグリセリド上昇抑制作用メカニズム」  
中井正晃、福井裕子、小野佳子 肥満研究 vol.11 No.1 2005年
- ・「化学実験ノート」 沖縄県化学教育研究会 2012年
- ・FFI Reports 「酸化防止剤としてのフラボノイド(1)」  
<http://www.saneigenffi.co.jp/pdf/flavo1.pdf#search='FFI+Reports+%E3%80%8C%E9%85%B8%E5%8C%96%E9%98%B2%E6%AD%A2%E5%89%A4%E3%81%A8%E3%81%97%E3%81%A6%E3%81%AE%E3%83%95%E3%83%A9%E3%83%9C%E3%83%8E%E3%82%A4%E3%83%89%EF%BC%88%EF%BC%91%EF%BC%89%E3%80%8D'>
- ・「公開特許公報(A) 【発明の名称】 リパーゼ阻害活性且つ抗酸化性を有する抗肥満剤」  
(出願人 沖縄県)  
[http://kantan.nexp.jp/pat\\_pdf/A/2005/34/2005060334.pdf#search='%E3%83%AA%E3%83%91%E3%83%BC%E3%82%BC%E9%98%BB%E5%AE%B3%E6%B4%BB+%E3%83%A2%E3%83%A2%E3%82%BF%E3%83%9E%E3%83%8A++E5%85%AC%E9%96%8B%E7%89%B9%E8%A8%B1'](http://kantan.nexp.jp/pat_pdf/A/2005/34/2005060334.pdf#search='%E3%83%AA%E3%83%91%E3%83%BC%E3%82%BC%E9%98%BB%E5%AE%B3%E6%B4%BB+%E3%83%A2%E3%83%A2%E3%82%BF%E3%83%9E%E3%83%8A++E5%85%AC%E9%96%8B%E7%89%B9%E8%A8%B1') 2005年

## 講 評

今回のモモタマナを素材とした研究は、継続研究でありながら毎年視点を変え進化していることを、興味深く拝見させていただきました。

まずは、身近に存在する素材であるモモタマナ（沖縄の方言名：クワディーサー）を取り扱った研究ですが、身近であるがゆえに意外に取り上げられて来なかった素材であり、目の付け所がおもしろいと思います。また、今回のレポート冒頭にある「モモタマナを使った循環型社会のモデル」という発想も、研究のきっかけとしては資源の乏しい地域だけに、評価が高い姿勢だと思います。

研究内容では、モモタマナの実の部分から核の皮だけを分離し、その抽出物の中にリパーゼ阻害活性物質が存在するかを突き止めるための基礎実験が細かく丁寧に行われています。条件設定を緻密に行い、最適条件を論理的に導き出している部分は、後輩達への研究のお手本となるでしょう。また、リパーゼ阻害活性があると考えられる物質の化学的性質を調べていますが、基本的な有機化学実験的な手法や吸収スペクトルを測定するなど、精密機器を用いたデータ収集も高校生の研究としては、レベルが高く感心させられます。指導者の助言等もあると思いますが、得られたデータから行われている考察も、飛躍せず客観的に考察を行っていることも評価が高い要因です。

今回の研究では、沖縄県工業技術センターの研究報告を参考に、抽出溶媒を決めていますが、今後の課題でも触れているように、最適条件を探求することで、さらに有用な研究となる可能性が高まります。また、今回は突き止められなかったリパーゼ阻害物質の同定についても期待しています。

### <審査のポイント>

この研究では、地域にある身近な資源を題材に、継続研究を進めています。また、研究の主題として「エコ」を強く意識した研究を進めていることを、大変評価しています。資源の乏しい日本では特にそのような着眼点が、国の宝になるかもしれません。そういう可能性を秘めていると考えています。また、丁寧な基礎実験も評価が高く、飛躍しない考察もお手本となるでしょう。今後の継続課題についても、楽しみな研究の一つです。



環境奨励賞

第35回沖縄青少年科学作品展

奥間川比地川水系における水生生物調査 V  
～グマガトビケラの生活史について～

沖縄県立辺土名高等学校

3年 島袋 正樹    1年 泉川 滝輝    玉城 勇斗    山本 優

### 1. はじめに

比地川は与那覇岳に源流があり、下流域では奥間川と合流して奥間ビーチの南側から東シナ海へ流れる河川である。比地川の流程は7.7kmである。奥間川の流程は5.5kmである。上流域は大部分が森林で、自然度の高い河川である。河口付近ではサトウキビ畑が広がっている。

辺土名高校では、H19年度から継続して奥間川の水生生物調査を実施している。これまでに、指標生物を用いた生物学的水質判定、瀬と淵での水生昆虫の生活型による棲み分け、出水後の底生動物相の回復過程と回復期間、水生生物の流程分布を明らかにしてきた。比地川においては、H22年度から上流域で水生生物相の調査を実施しており、奥間川上流と同じように水生生物相が豊かであることを明らかにしてきた。

過去の調査において、流れのない淵では、グマガトビケラとコカクツツトビケラ属の幼虫が多数採集されている。このうち、コカクツツトビケラ属においては、過去に北村（1997、未発表）が源河川において生活史を研究しているが、グマガトビケラにおいては研究されていない。

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。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。

そこで本研究では、過去の調査で比較的個体数が多く確認され、かつ、種の同定が容易なグマガトビケラの生活史を明らかにし、亜熱帯河川における水生昆虫の生活史特性を探ることを目的とした。

### 2. 調査対象生物（グマガトビケラについて）

グマガトビケラ (*Gumaga okinawaensis* Tsuda) は、ケトビケラ科 (Sericostomatidae) に属し、この科の中では日本において1属1種としてグマガトビケラのみが記載されている。この種は、沖縄島、辺野喜川から採集された標本を基に津田（1938）が記載した。種名の「グマガ」は沖縄で「小さい」にあたる方言からつけられたそうである。その後、本州、四国、九州からも分布が確認されている。河川の緩流部に生息し、細かな砂粒で緩やかにカーブした筒巣をつくり、幼虫はその中に入って生活している。水生昆虫の生活型では、携巢型に分類される。

本種に似たトビケラとして、沖縄島ではフトヒゲトビケラ科のグマガトビケラが生息しているが、筒巣材料である砂粒はグマガトビケラの筒巣よりも粗く、幼虫は尾肢基部の長毛の数（クロズキソトビケラが5本程度、グマガトビケラが30本以上）で区別できる。



写真1 グマガトビケラ幼虫と筒巣



写真2 サナギ



写真3 成虫

### 3. 調査場所

比地川上流と奥間川上流における調査地点を図1と写真4～5に示した。

比地川上流地点は、河口から約6kmに位置し、比地大滝よりも約2.5km上流に位置する。調査地点周辺にはスダジイ林を中心とした典型的なやんばるの森が広がっている。ノグチゲラの鳴き声も頻繁に聞こえる自然度の高い環境である。調査地点周辺には小滝が多数点在しており、典型的な上流域の環境である。また、支流が合流しており、支流の先は、さらに小さな流れとなっている。

奥間川上流地点は、河口から約5kmに位置し、大きな岩が点在する環境である。典型的なやんばるの森林環境を流れる河川である。



写真4 比地川上流地点



写真5 奥間川上流地点





#### 4. 調査方法

##### (1) 調査期間

幼虫の調査は、比地川では、2011年4月から8月までは、毎月2回（2週間に1回程度）調査を実施し、2011年9月から2012年3月までは、毎月1回調査を実施した。これは、水温が高くなる時期は成長が早くなることを予想してのことである。その後も現在まで、継続調査として毎月調査を実施している。奥間川では2011年2月から現在まで、毎月1回調査を実施している。成虫の調査は、比地川上流において、2012年4月から毎月実施しており、現在も継続中である。

##### (2) 水質調査

パケット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。瀬と淵において、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<sup>2</sup>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

比地川上流において、2012年4月から現在まで、毎月1～2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、実験室でグマガ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 淵での水生生物採集(定量採集)



写真7 瀬での水生生物採集(定量採集)



写真8 水質測定(電気伝導度)の様子



写真9 実体顕微鏡観察による生物の同定



写真10 グマガトビケラ幼虫の液浸標本

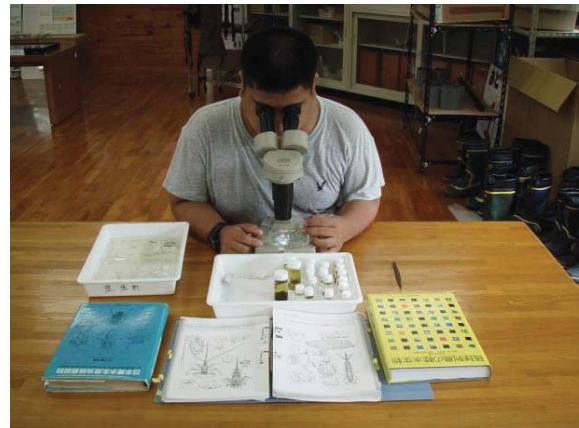


写真11 実体顕微鏡観察による生物の同定



写真12 比地川上流での灯火採集



写真13 比地川上流での灯火採集



#### (4) 幼虫の齢期解析

幼虫の頭部はキチン質できており、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、採集したグマガトビケラの筒巢をデジタルノギスで測定する。次に、筒巢から幼虫を取り出す作業に移る。精密ピンセットを用いて、実態顕微鏡下で筒巢の末端から少しずつ押し上げていき、幼虫を巢の入り口側から少しずつ出るようにする。幼虫の頭部が筒巢の入り口から出てきたら、ピンセットで頭部をつまんで筒巢から取り出す。次に、筒巢長と体長を、デジタルノギスを使って測定する。幼虫の頭幅はマイクロルーラー（0.1mm目盛、目盛長10mm）を用いて測定した。



写真14 筒巢長測定（デジタルノギス使用）

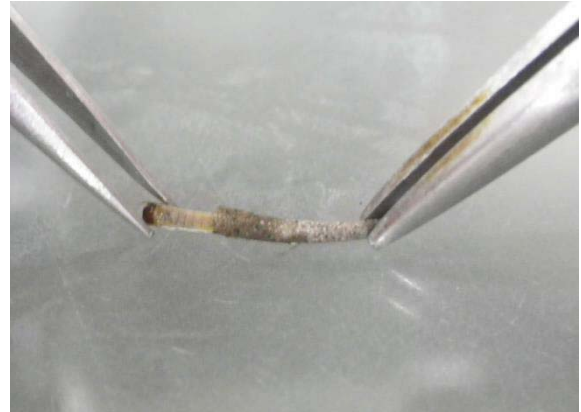


写真15 グマガトビケラ取り出し



写真16 グマガトビケラ背面と筒巢



写真17 グマガトビケラ側面と筒巢



写真18 顕微鏡での観察

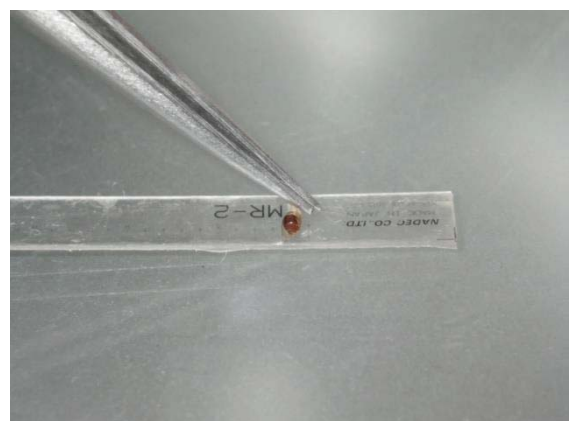


写真19 頭幅測定（マイクロルーラー使用）



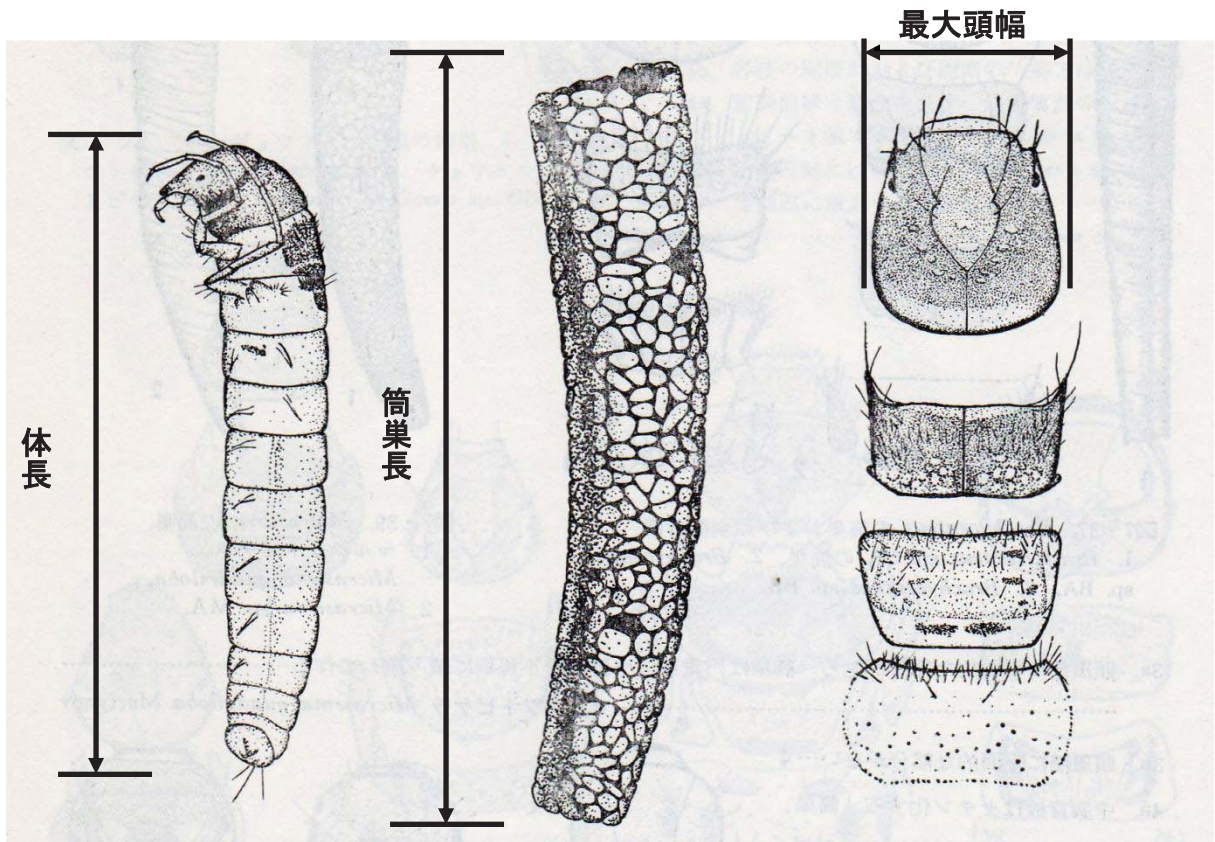


図2 グマガトビケラの幼虫（左）、筒巢（中央）、および幼虫頭・胸部背面（右）

図の出典：水生昆虫学、北隆館（津田、1962）

## 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。比地川上流の水質は、奥間川上流の水質と同様にきれいな水であった。

表1 比地川および奥間川における水質調査結果（平均値）

(H23年4月～H24年3月)

水質項目	比地川上流	奥間川上流
水温	20.24	19.73
pH	7.44	7.27
COD(mg/L)	6.76	4.50
リン酸イオン(mg/L)	0.05	0.13
アンモニウムイオン(mg/L)	0.25	0.15
亜硝酸イオン(mg/L)	0.00	0.00
硝酸イオン(mg/L)	0.12	0.50
電気伝導度(mS/cm)	0.150	0.099
濁度	7.13	7.22
全硬度(mg/L)	13.53	12.08
溶存酸素(DO)(mg/L)	8.15	7.58
塩分(%)	0.00	0.00

水温調査結果を以下に示した。水温は、H23年12月～H24年4月までは15℃付近、H23年5月、10～11月は20℃付近、6月から9月までは、25℃付近であった。

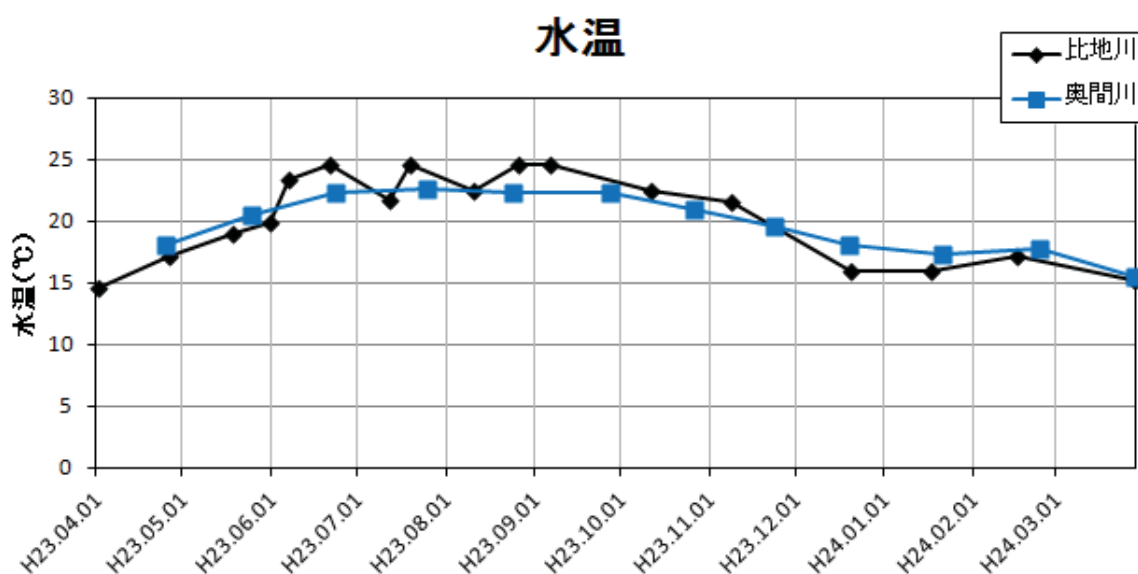


図3 比地川における水温の変化

(2) 生物調査

①降水量および幼虫の個体数変動

比地川上流と奥間川上流の瀬と淵におけるグマガトビケラ幼虫の個体数変動と降水量（月別および日別）を図4に示した。月別で見ると、5月と8月に降水量は特に高くなっていた。日別降水量で見ると、5月下旬では連続降雨が起こっていた。比地川上流では5月31日の採集では、瀬と淵ともにグマガトビケラの幼虫は確認できなかった。

グマガトビケラ幼虫は、常に淵で多く確認できた。降水量が多いと幼虫の個体数が減少する傾向が見られた。

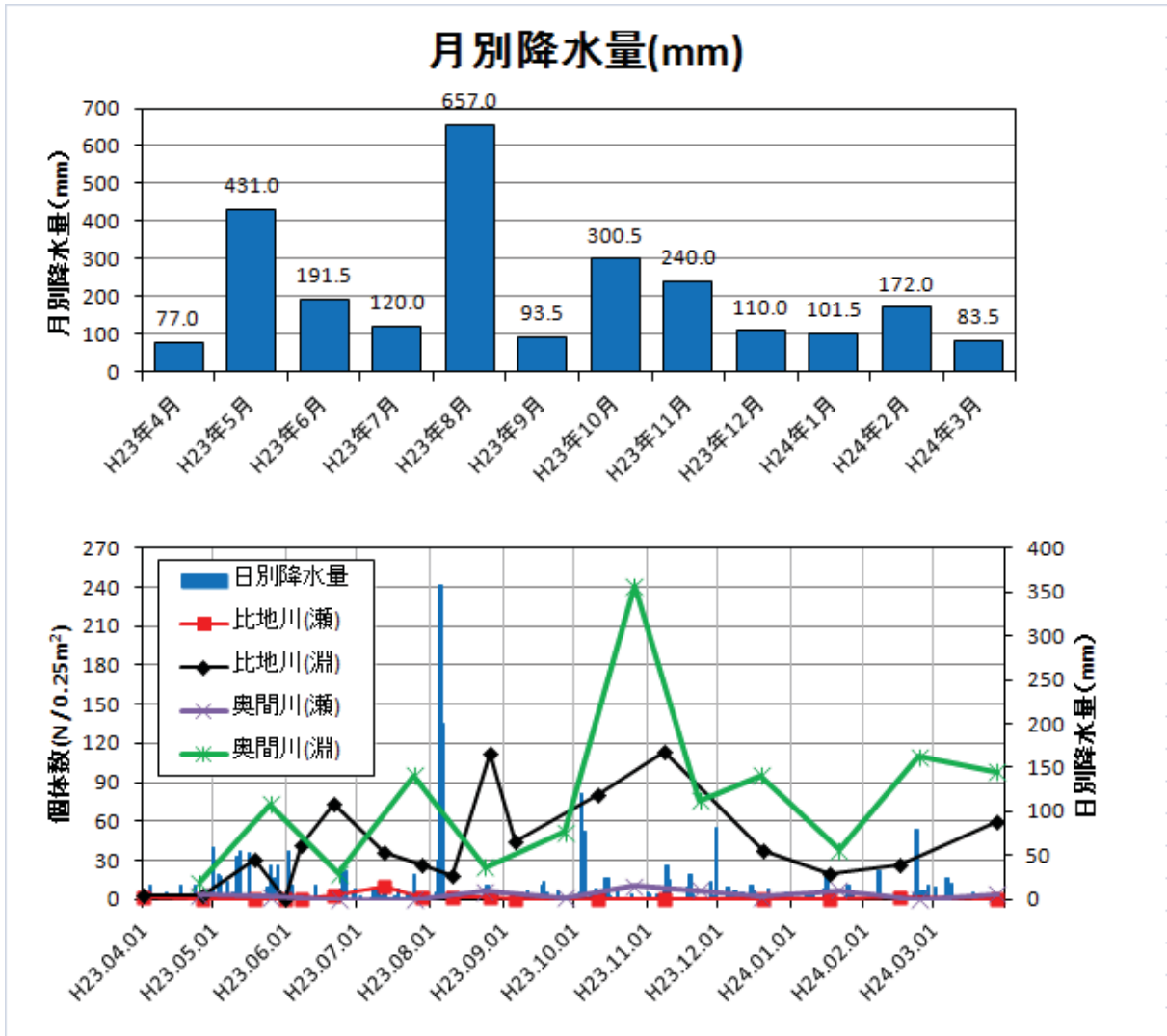


図4 比地川および奥間川の瀬と淵におけるグマガトビケラ幼虫の個体数変動と降水量（月別と日別）  
(H23年4月～H24年3月)



### ②グマガトビケラ幼虫の体長と筒巢長の関係

図5に幼虫の体長と筒巢の関係を示した。近似線の相関係数の2乗は $R^2=0.9033$ という非常に高い正の相関が得られた。

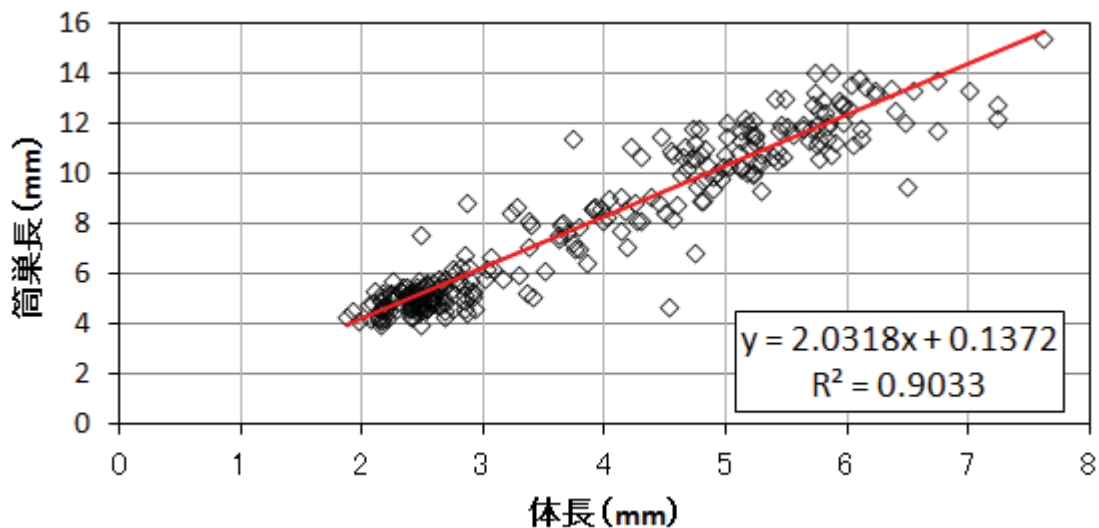


図5 グマガトビケラ幼虫の体長と筒巢の関係

### ③グマガトビケラ幼虫の齢期解析

グマガトビケラ幼虫の頭幅サイズの頻度分布を図6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：0.16～0.18mm、2齢幼虫：0.24～0.30、3齢幼虫：0.34～0.48mm、4齢幼虫：0.52～0.66、5齢幼虫（終齢）：0.70～0.94mm。

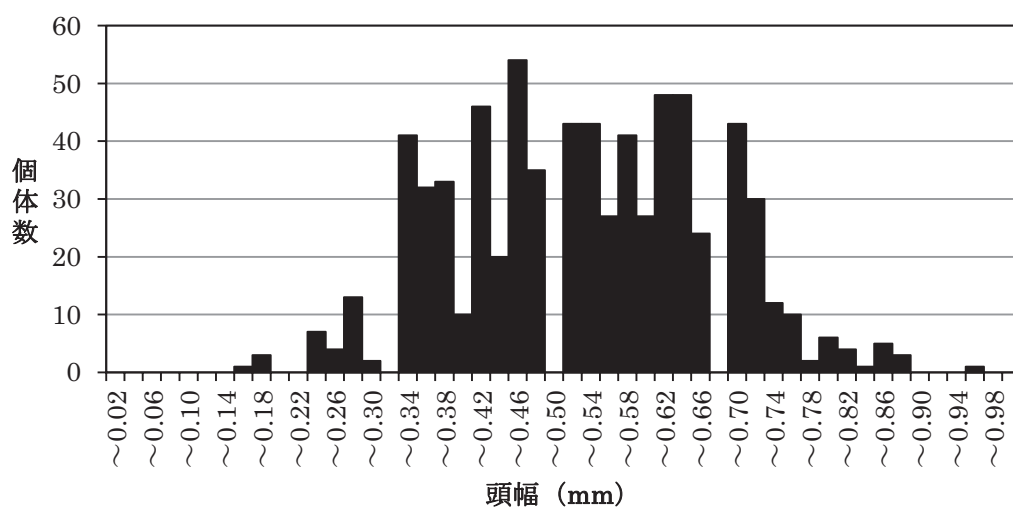


図6 グマガトビケラ幼虫の頭幅サイズの頻度分布

グマガトビケラの幼虫の頭幅と体長の関係を図7に示した。頭幅は5つに分かれたが、体長は重複する部分が多かった。したがって、各齢期の幼虫は体長においてはかなり重複している。

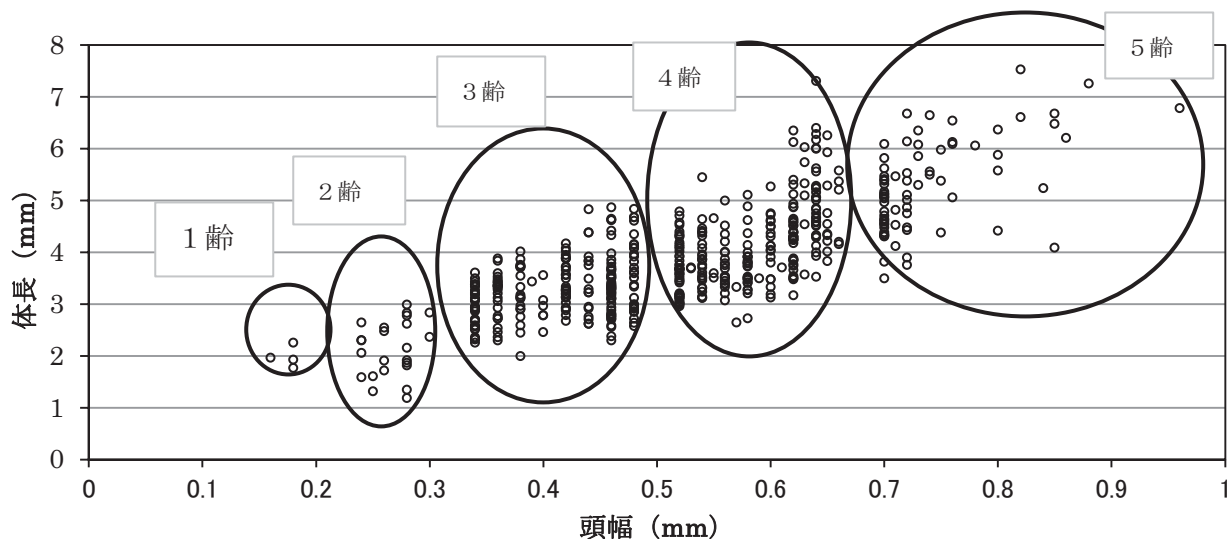


図7 グマガトビケラ幼虫の頭幅と体長の関係

#### ④グマガトビケラの生活史および年間世代数の推定

H23年4月～H24年3月までの1年間にわたる比地川上流におけるグマガトビケラ幼虫（1～5齢幼虫）の出現頻度を図8に、奥間川上流における出現頻度を図9に示した。

比地川上流では、毎月3齢～5齢幼虫が確認できた。H24.5.31はグマガトビケラ幼虫が1個体も確認できなかった。なお、蛹はH23年4月1日に1個体のみ採集された。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。しかし、新たな若齢幼虫（1～2齢）の加入のあるのは、6～7月、8月末～9月初め、1～2月であった。

奥間川上流では、比地川と同様に毎月3齢～5齢幼虫が確認でき、各齢期の出現状況はかなり重複していた。しかし、終齢幼虫（5齢）の出現頻度は、2月、7月、10月の合計3回ピークが見られた。

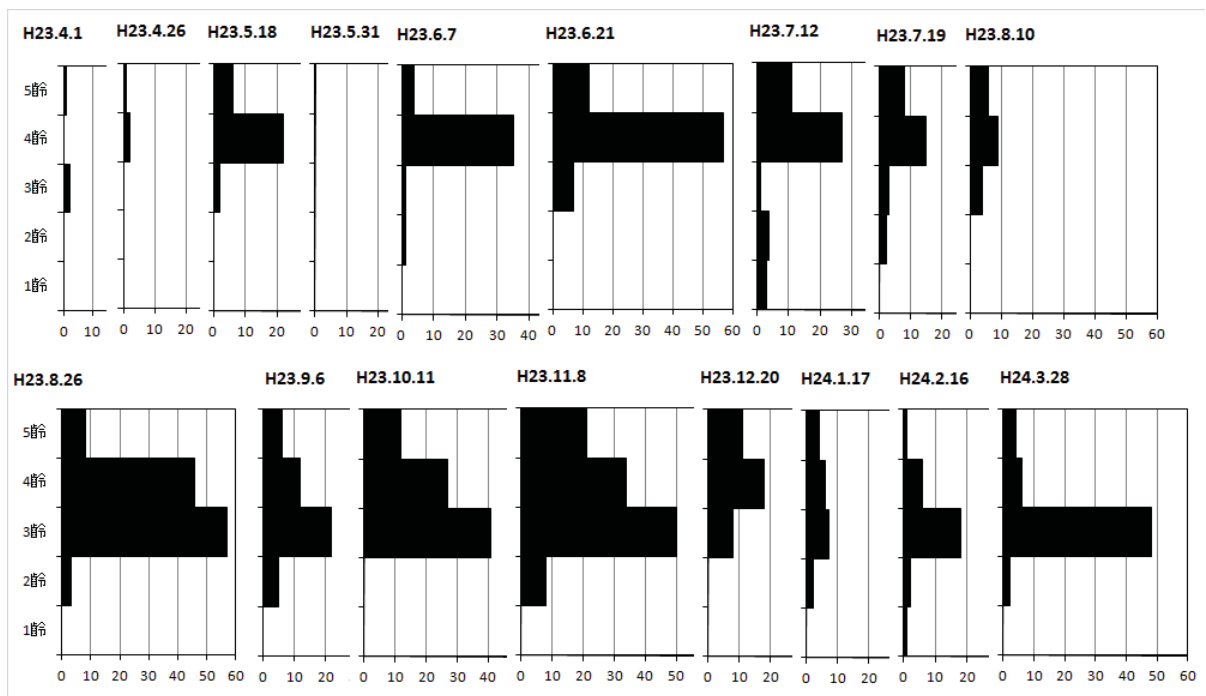


図8 比地川におけるグマガトビケラ幼虫（1～5 齢幼虫）の出現頻度

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。なお、蛹は H23 年 4 月 1 日に 1 個体のみ採集された。

H24. 5. 31 はグマガトビケラ幼虫が 1 個体も確認できなかった。

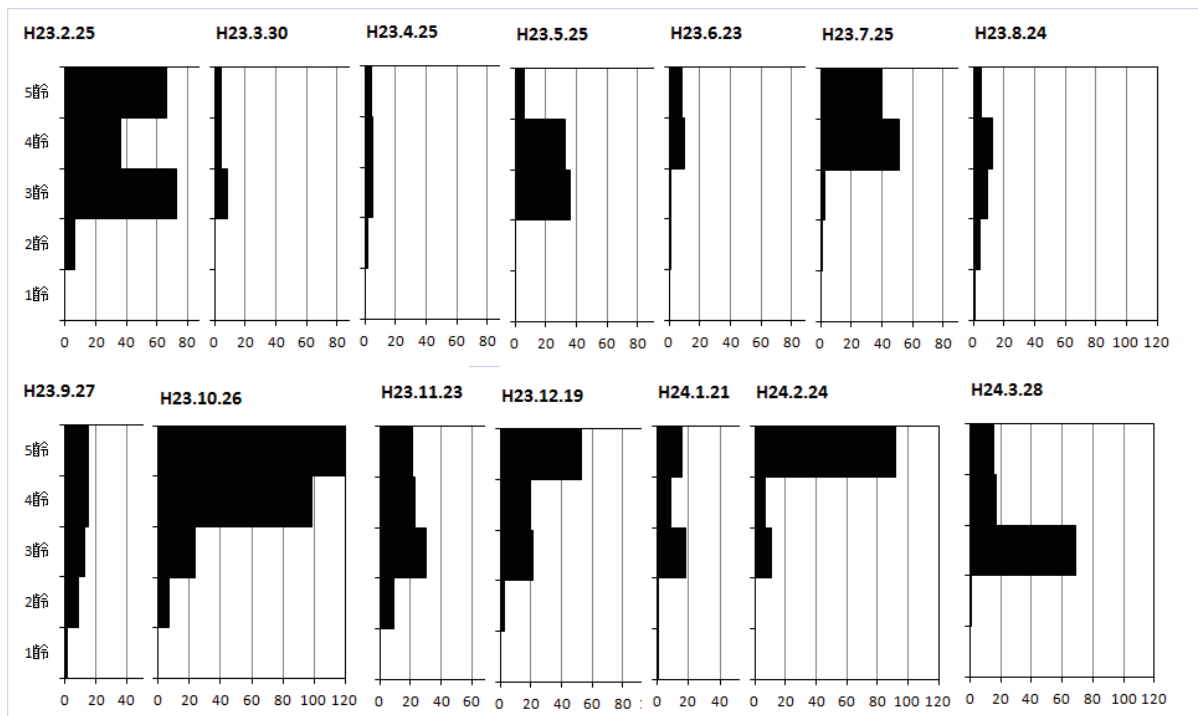


図9 奥間川におけるグマガトビケラ幼虫の（1～5 齢幼虫）の出現頻度

終齢（5 齢）幼虫の出現頻度のピークが 2 月、7 月、10 月の合計 3 回見られた。



### ⑤ 3～5 齢幼虫の体長の変化

比較的個体数の多かった3～5 齢幼虫の体長の変化を図7に示した。5 齢幼虫の各月の体長の最大値は、2月、7月、9～12月にピークが見られた。4 齢幼虫の各月の体長の最大値は、2月、7月、12月に見られた。3 齢幼虫の各月の体長の最大値は、2月、5月、9～10月に見られた。ともに1年間を通して、3回のピークが見られた。

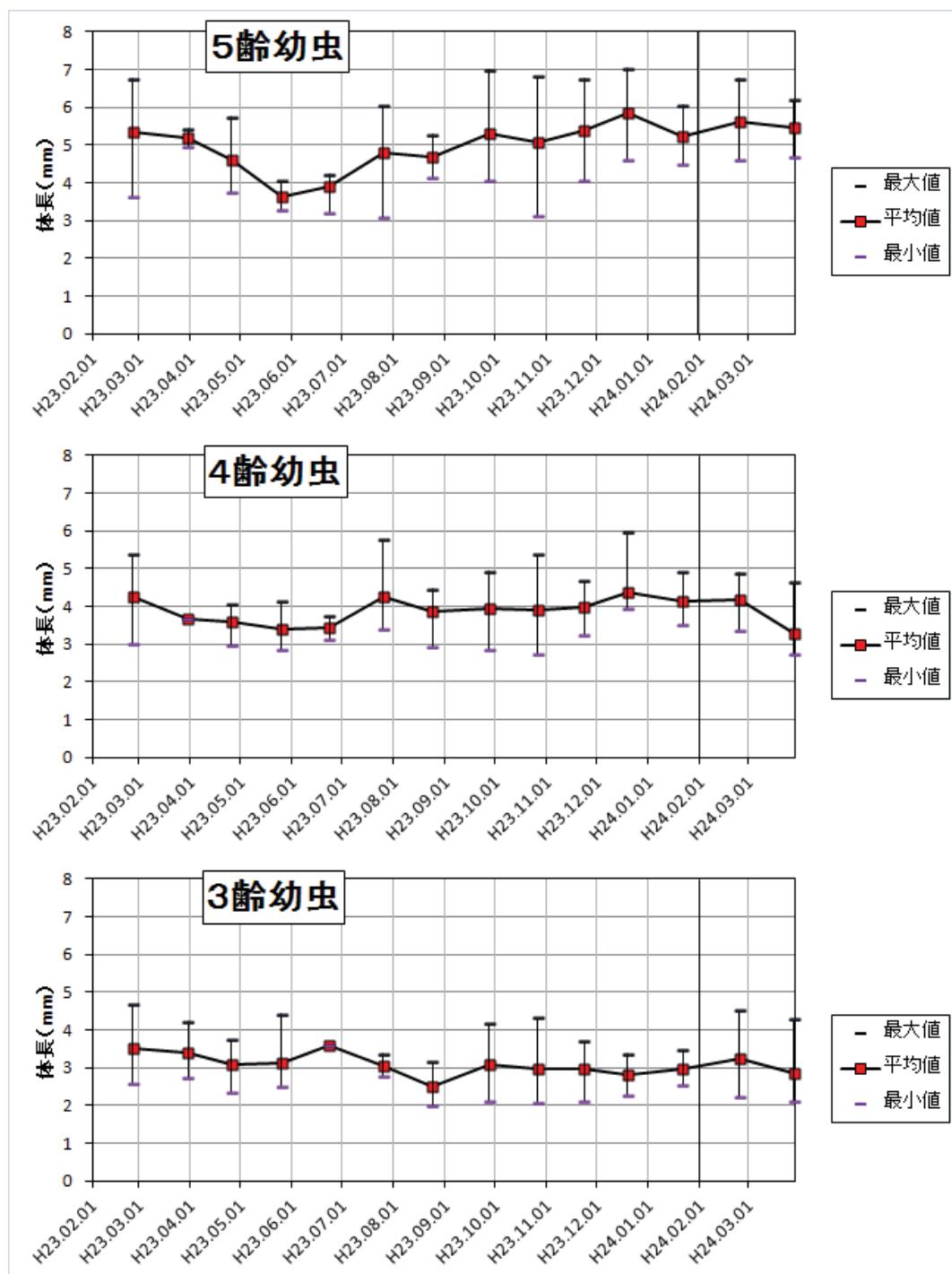


図10 グマガトビケラ4～5 齢幼虫の体長の変化

## ⑥灯火採集によるグマガトビケラ成虫の確認状況

比地川上流における灯火採集結果を図 11 に示した。

毎月 1～2 回灯火採集を実施したが、採集個体は、2012 年 9 月 21 日にオス 1 個体のみであった。

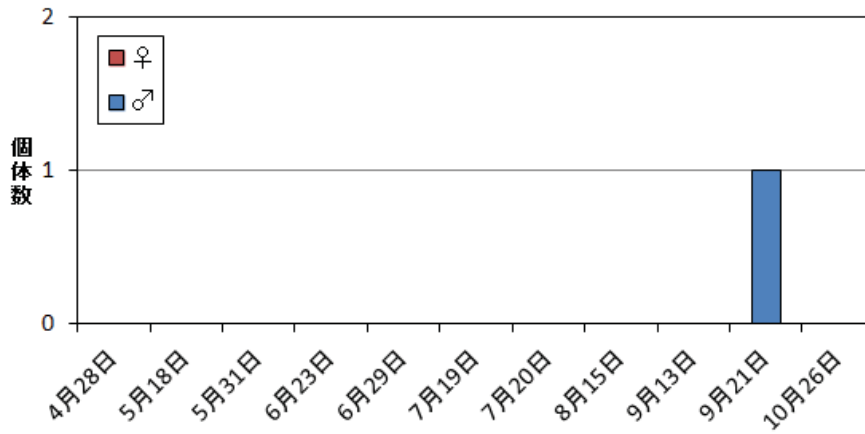


図 1 1 比地川上流での灯火採集におけるグマガトビケラ成虫採集個体数

## 6. 考察

### (1) 水質

水質状況は比地川上流と奥間川上流では、ともにきれいな水であった。上流域においては、大雨後の出水によっても水はほとんど濁らず、赤土も流出していなかった。環境としては非常に良い状態であると考えられる。

### (2) グマガトビケラ幼虫の個体数変動と降水量

H23 年 5 月と 8 月に特に降水量が多かった。5 月は梅雨時であり、下旬に連続降雨が起こっていた。5 月 31 日にはグマガトビケラ幼虫が採集できなかったことから、個体数変動には降水量が影響すると考えられる。8 月には台風が接近し、大雨となった。これに伴い 8 月 10 日にも採集個体数が少なかった。8 月 26 日ではある程度まとまった個体数が採集できていることから、これらの時期は、生活史により個体数が減少するのではなく、降雨により幼虫が流されて、個体数が減少した可能性が高いと考えられる。

### (3) グマガ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、大きく見て、年 3 世代の可能性が考えられる。水温と対応させると、おおよそではあるが、1～5 月は 15℃ 付近、6～8 月は 25℃ 付近、9～12 月は 20℃ 付近である。北村 (1997, 未発表) によると、コカクツツトビケラ属のナンセイカクツツトビケラの異なる水温での飼育結果から、15℃ では約 4 ヶ月～4 ヶ月半、20℃ では約 3 ヶ月～3 ヶ月半、25℃ では約 2 ヶ月～2 ヶ月半であった。今回の比地川上流および奥間川上流の水温と照らし合わせると、グマガトビケラのおおまかな世代の区切れ目とほぼ一致する。したがって、年 3 世代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。

#### (4) 灯火採集による成虫の出現状況

今回の灯火採集では、グマガトビケラ成虫はほとんど採集できていない。原因として考えられることは、以下のようなことが挙げられる。

- 1) 今年は梅雨時期や台風による降雨が多かったため、幼虫が流された可能性がある。
- 2) 新月に合わせて調査を実施することが、日程上困難であった。
- 3) 調査日の天候条件が必ずしも良好ではなかった（湿度が高いなど）。

今後、灯火採集においては採集方法や調査場所を含めて検討が必要である。しかし、下流域では街灯があり、灯火採集には適していなかった（実際に下流で灯火採集を行ったがほとんど成虫が飛来しなかった）。比地川上流地点以外では、調査場所へのアクセスが非常に不便であり、安全面を配慮した灯火採集場所が他に見当たらなかった。採集方法においては、スウィーピング（捕虫網による採集）や使い捨てケミカルライトを利用した灯火採集を行うなど、検討していく予定である。

#### 7. 今後の課題

- (1) 灯火採集による成虫の出現状況の継続調査
- (2) 蛹の生息場所の特定
- (3) 飼育による幼虫期間の推定
- (4) 各齢幼虫の体長の変化の算出による成長の把握
- (5) グマガトビケラの成虫の採集方法の検討（捕虫網での採集、使い捨てライト・トラップ等）

#### 8. まとめ

- (1) グマガトビケラ幼虫は、瀬で少なく、淵が多い。
- (2) 頭幅サイズは5グループに分かれ、5齢幼虫まで確認できた。
- (3) 体長は各齢期で重複している。
- (4) 個体数の変化は、降水量の影響を受けやすい。
- (5) 幼虫の体長が大きくなるにつれて、筒巢も大きくなる。
- (6) 3～5齢（終齢）幼虫は、年間を通して確認できた。
- (7) 各齢幼虫の出現頻度の変化から、年3世代の可能性はある。しかし、各世代はかなり重複している。
- (8) 今回の調査結果から、亜熱帯地域の河川における水生昆虫の生活史特性の1つとして、複数の齢期の幼虫が年中生息しており、明瞭な世代間の区切れ目が見られないことが挙げられる。

#### 9. 感想

幼い頃から地域の川などに興味があり、調査してみたいと思っていました。そして、辺土名高校の環境科の事を知り、入学しました。

環境科は実習も多く楽しい学科です。そしてサイエンス部に入りました。そこで、北村先生と出会う、川の生物を調査することができました。去年は、奥間川の上流から下流域の流程分布の結果を出すことができて良かったです。そして、今回グマガトビケラの生活史を調査して、生活史の調査の大変さが分かりました。しかし、その大変さの代償として、良い結果が出てとても嬉しかったです。さらに、グマガトビケラの成虫を採取、確認して、今後より良いデータが出来るように、努力したいです。



今回の調査データが、基礎資料となりそして、広く一般の方々の環境教育に活用されると嬉しいです。さらに北部一帯の河川状況を継続的に調査して、基礎資料を作っていきたいです。

## 10. 謝辞

北海道水生生物研究所の伊藤富子博士には、トビケラの生活史について助言をいただいた。

独立法人科学技術振興機構(JST)「中高生の科学部活動振興事業」の助成金を頂いた。関係各位に深く感謝する。

## 11. 参考文献 (著者名 50 音順)

- 東清二、2002. 増補改訂 琉球列島産昆虫目録. 沖縄生物学会.
- 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.
- 河合慎治・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.
- 刈田敏、2002. 水生昆虫ファイル I. つり人社.
- 刈田敏三、2011. 身近な水生生物観察ガイド. 文一総合出版.
- 北村崇明、1997. (未発表) 沖縄島源河川におけるコカクツツトビケラ属 2 種の生活史.
- 幸地良仁、1992. おきなわの川. むぎ社.
- 柴谷篤弘・谷田一三、1989. 日本の水生昆虫. 東海大学出版会.
- 谷田一三、2000. 原色 川虫図鑑. 全国農村教育協会.
- 津田松苗、1962. 水生昆虫学. 北隆館.
- 西島信昇、2003. 琉球列島の陸水生物. 東海大学出版会.
- 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

グマगतビケラの年間世代数が沖縄島では、世代間の区切れ目が不明瞭であるものの3世代が示唆されることを明らかにした研究として高い評価を得ました。なかなか注目されない水生昆虫を研究材料とし、冷・温帯域と環境の異なる亜熱帯にみられる生物の特性について新しい知見を得ることで、郷土の自然の再認識や保全に寄与できると期待されます。十分なサンプルサイズをもとに解析が行われ、図表も丁寧にまとめられていました。

一方、北海道や本州に生息するトビケラ類の研究データも比較としてパネルに掲載すると、生活史の違いがより強調できたかと思います。例えば、水温との関係が強いとのことですので、文献をもとに、河川の平均水温と確認されている世代数を表にして掲示することが考えられます。以下に例示

表：カワゲラ類における生息河川平均水温と世代数の関係

	平均水温(℃)	世代数	引用文献
●●川 (北海道)	●	●	研究者, 発表年
●●川 (●●県)	●	●	研究者, 発表年
奥間川 (沖縄県)	15~25	3	

※●は名称や数字など。

体長と筒巢の長さの関係を示していますが、各齢期や頭幅と筒巢の関係も比較した結果を掲載したほうが、筒巢サイズを決める要素（齢期ではなく体長か？）をより強調できると思います。

県内の他のカワゲラ類についても同様の傾向があるのか興味のあるところです。今後のさらなる研究の発展を期待しています。