中学校
81

カブトムシの研究パート7
（カブトムシの子供は親に似るのかパート5）

山鹿市立鹿本中学校　3年　竹原　大翔

1　研究の目的

これまでの研究でカブトムシはその土地でうまく生活するために遺伝し、「色」や「気温」に対する特徴や性質を持っていることが推察された。すべて何億年も生き抜いてきたカブトムシの進化の結果だった。今回も引き続き昨年の親（第4世代）子供（第5世代）では親の特徴がどのように引継がれるか調べてみようと思う。今までの研究結果からオスとメスの色が入れ替わっていても色の発現率にはあまり影響が無いことからオスの色を固定しメスの色を入れ替える事で赤、黒、茶三色でも掛け合わせを試みた結果も考察してみたいと思う。前年度までの研究に付加で遺伝の研究がもともと飼育していたカブトムシで始めたことからすでに遺伝による変化があったカブトムシであろ可能性もあるため2020年から家で飼育していたカブトムシと仕全く別の新しく飼育を始めたカブトムシの遺伝について第1世代から第4世代までを考察してみたいと思う。また、今までの研究の結果から、飼育環境の気温による成長速度の地域変異も調べてみようと思う。場所＝沖縄、熊本、東京、北海道の気温での飼育による繁殖、成長等の変異

2　用意するもの

（1）観察1
去年まで第5世代観察用コンテナ6個
（色）　赤　赤　赤　黒　黒　茶
×　×　×　×　×　×　各1個ずつ
虫18匹
（色）　赤　黒　茶　黒　茶　茶　計　6個
角の大きさ観察用コンテナ4個
オス（角の大きさ）大　大　小　小
×　×　×　×　各1個ずつ
メス（体の大きさ）小　大　小　大　計　4個
9年前から飼育している
オス（色）赤
×
メス（色）赤

（2）観察2
新しい（2020年より飼育）
第3世代観察用虫かご4個
（色）　赤　赤　黒
×　×　×　各1個ずつ
（色）　黒　茶　茶　計　3個
2020年2021年2022年2024年4年間
野生のカブトムシオス1匹メス1匹（毎年）道の駅等の販売店で購入または餌のにおいに惹かれてきたものを捕獲したもの

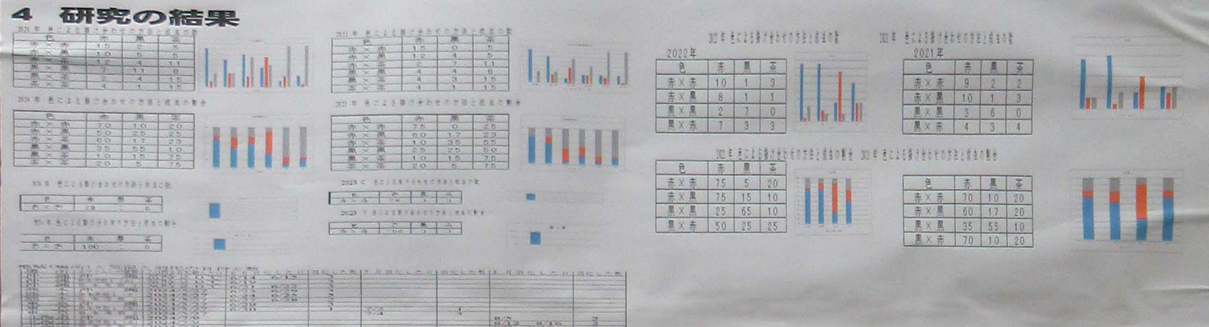
（3）観察3
考察1果代のカブトムシの幼虫18匹
考察2新たに色の遺伝について研究用に飼育しているカブトムシの幼虫18匹
別に飼育されている沖縄カブトムシ（頭と胸にある角が小さく体も小型）の幼
ペットボトル27本冷蔵庫カブトムシ用の土
虫かご4　ふたい　ペットボトル

3　研究の方法

（1）観察1
昨年、カブトムシの色や角の大きさ体の大きさで分けた上記の掛け合わせの卵から育った幼虫を育成し、成虫になった時の色や形など前年度と同様に遺伝がどのように現れるか調べる。
（2）観察2
2021年から飼育を始めたカブトムシの第4世代の幼虫を育成し、成虫になった時の色や形など前年度と同様に遺伝がどのように現れるか調べる。
（3）観察3
果代、観察2、沖縄カブトムシの幼虫をペットボトルで飼育し、指定した地域場所での気温に合わせて育てる。カブトムシがサナギになり始める気温がおおよそ20度前後の為、地域の平均気温が一週間続いた時点で冷やす。暖める温度にまで。
沖縄＝早く気温が上がるので暖める　熊本＝そのまま屋外で飼育（考察1，2で使うカブトムシ）　東京＝冷蔵庫等で調整　北海道＝冷蔵庫等で調整

（色）赤　赤　赤　オス（色）赤　赤　赤　（色）黒　黒　黒　オス（色）黒　黒　黒　（色）茶　茶　茶　オス（色）茶　茶　茶
×　×　×　×　×　×　各1個ずつ　×　×　×　各1個ずつ　×　×　×　各1個ずつ　×　×　×　各1個ずつ
（色）赤　黒　茶　計4個　メス（色）赤　黒　茶　計4個　（色）赤　黒　茶　計4個　メス（色）赤　黒　茶　計4個　（色）赤　黒　黒　計4個　メス（色）赤　黒　黒　計4個

4　研究の結果



5　考察

考察　1
昨年度と同様に成虫のカブトムシの色は遺伝するように5代目の掛け合わせでその比率は変わるのか。
今回も去年同様詳しく「赤色」「茶色」「黒色」と三色に分けてみた。
結果として昨年あまり比率は変わらない。ただ今回は赤いカブトムシの割合が少し増えた。これについて我が家のカブトムシの掛け合わせの元の「赤色」は11年前から飼育されており、この「赤色」については特殊で一度も途切れたことがない。前年同様4代目の「赤色」の数が少し少なく、今回5代目の「赤色」が少し濃くなった結果だと思われる。

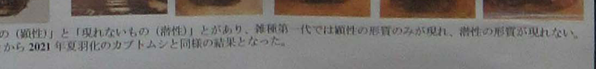
（色）赤　赤　赤　黒　黒　茶
×　×　×　×　×　×
（色）赤　黒　茶　黒　茶　茶　計

①（黒×黒）＝黒カブト　　①　②　③　④　⑤　⑥
②（黒×赤）＝茶カブト
③（赤×黒）＝茶カブト
④（赤×赤）＝赤カブト
去年と今年は茶色の割合が増え、4代目のカブトムシの色の割合は黒：茶：赤＝1：4：1となると考えられ、つまり去年同様親が黒カブトであっても、「赤カブト」は、6匹に1匹の割合で生まれる事が分かる。我が家でこの割合は今ではまちまちなっていたが、雑がく分けた結果少し変化があり、赤いカブトムシの割合が増えたように見える。また、黒・赤のカブトムシが増え、あまり自然では生まれない色が正省しているのかもしれない。
去年同様、長年飼育している果代（何世代にもわたって繁殖させ飼育すること。その兄弟間で交尾・産卵させる。）が進み「茶色」だけが残った形が顕著だ。果代だとそれまではたくさん産卵していたのが急に産卵数が少なくなったり、まったく産まなくなってしまうことが多いのだが、今年も赤いカブトムシだけが生まれた。これについて同じ遺伝子をペアで持っている個体を純系という。赤いカブトムシは潜性の遺伝子が固定した状態であると考えられる。これが今年は黒も増えたことから、黒いカブトムシの純化が進んでいるのではないかと考えられる。これは今までの観察で得られた比率とは違うが、どの組み合わせであっても必ず三色がそろっている。通常天敵から身を守るため夜間に活動する「夜行性の昆虫」で夕方から周囲が薄暗くなると土の中にいたカブトムシが出てきて餌場で活動し、周囲が明るくなると地中に身を隠す場合が多い。しかし、夜間様々な理由（えさ場の状況や天候等）でえさが少なかった場合、明けた周囲が明るくなっても餌を食べ続ける場合もある。
自然の親場はどんな色だろうか？木の色は茶色だ。同じ木でもカブトムシのえさのある場所は、樹液が出ているために木の色の茶色だけではなく他に黒色や赤色に近い色が混ざっている。現在、捕獲数等は「黒色」と「茶色」が多く「赤色」が少ない事から天敵に見つからない保護色と考えると、カブトムシのえさとなる場所の環境は「黒色」と「茶色」が多く「赤色」が少ない。保護色として「赤色」は「黒色」や「茶色」に比べて不利な環境であるが、長い間飼育される事で「黒色」「茶色」と多様な色がある中、敵のいない環境では「赤色」でも繁栄できると上で赤いカブトムシが安定して生まれていると考えられ、イスやゴ猫等の品種改良に近い形なのかもしれない。
カブトムシの角の大きさについても「色」と同様に角が大きい方が自然界では有利だと思われるので　「顕性の形質」は「大」、「潜性の形質」は「小」。従って、前年同様に4代目のカブトムシの色の割合は大：小＝3：1となると考えられ、つまり親がカブトであっても、「小カブト」は4匹に1匹の割合で生まれる事が分かる。
よって、これまでと同様鬼大カブト（純系）DD（D＝大）小カブト（純系）SS（小＝S）を交配させると、（黒×赤）＝黒カブトのみが生まれる。DS × 4　「顕性の形質」（大）のみが現れ「潜性の形質」（小）が現れない。
また、上記のDS × DS同士を交配させると、（大DS × 大DS）＝（大×大）、（大×小）、（小×大）、（小×小）。前回では現れなかった「潜性の形質」（SS）が分離して現れる。（赤A × 赤A）＝赤のカブトムシも生まれる事が分る。
①（大×大）＝大カブトDS × DS ＝ DD　　（大×小）＝（大×小）＝ DS を大とすると、　①（大×大）＝大カブト
②（大×小）＝大カブトDS × DS ＝ DS　　②（大×小）＝大カブト
③（小×大）＝大カブトDS × DS ＝ DS　　③（大×小）＝大カブト
④（小×小）＝小カブト　S ×　S ＝ SS　　④（小×小）＝小カブト

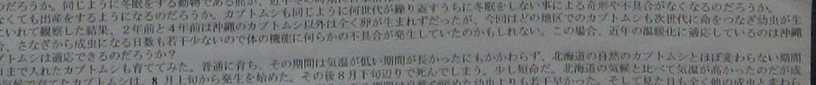
従って、二代目のカブトムシの色の割合は大：小＝3：1となると考えられ、つまり親が大カブトであっても、「小カブト」は4匹に1匹の割合で生まれる事が分かる。去年同様に「色」の遺伝と同様と言える。
去年のこの掛け合わせの中で赤×茶は卵がふ化したが（果代で特殊なため）、後の色の掛け合わせはふ化した卵がなく全滅した。また全滅した掛け合わせのカブトムシは奇形が多く羽化不全も多かった。やはり赤いカブトムシには果代で消えない遺伝子が優勢になっており、他の黒や茶の遺伝子の中に同じ親同士の交配が進むと血が途絶えてしまうのだろう。
今年のカブトムシは千倍の箱より飼育した。同じ掛け合わせをしても赤いカブトムシの時のように掛け合わせても命をつなぐものができた。このまま純系となり得るのだろうか。

考察　2
自然のカブトムシで羽化したカブトムシの色は様々だ。そして「茶色」のみの箱と違い比率は違うが三色がそろった。親となるカブトムシは茶色で自然に育ったカブトムシであることから、野生の雑種だったと考えられる。このことから多種多様な遺伝がなされていたと思われる。また、現れていなかった色が現れたのは雑種第二代目で色が分離して現れたと考えられる。また、色が現れる確率は、黒、茶：赤　＝　3：1となった。これは、遺伝情報が顕性の法則より（茶）の遺伝情報を持つ種は黒、茶色になるためである。やはり保護色として「赤色」は「黒色」や「茶色」に比べて不利である事を考えると、「顕性の形質」は「黒」、「潜性の形質」は「赤」。以後顕性を黒、潜性を赤とする。
よって黒、茶カブト（純系）KK（K＝黒茶）と赤カブト（純系）AA（赤＝A）とし、これを交配させると、（黒×赤）＝黒茶カブトのみが生まれる。KA × 4　「顕性の形質」（黒）のみが現れ「潜性の形質」（赤）が現れない。
また、上記のKA × KA同士を交配させると、（黒KA × 黒KA）＝（黒茶×黒）、（黒茶×赤）、（赤×黒茶）、（赤×赤）。前回では現れなかった「潜性の形質」（赤）が分離して現れる。（赤A × 赤A）＝赤のカブトムシも生まれる事が分る。
①（黒×黒）＝黒カブトKA × KA ＝ KK　②（黒×赤）＝黒カブトKA × KA ＝ KA　③（赤×黒）＝黒カブトKA × KA ＝ KA　④（赤×赤）＝赤カブト　A ×　A ＝ AA
（黒×赤）＝（赤×黒）＝ KA を茶カブトとすると。
①（黒×黒）＝黒カブト　②（黒×赤）＝茶カブト　③（赤×黒）＝茶カブト　④（赤×赤）＝赤カブト
従って、二代目のカブトムシの色の割合は黒：茶：赤＝1：2：1となると考えられ、つまり親が黒カブトであっても、「赤カブト」は4匹に1匹の割合で生まれる事が分かる。このように「雑種」（純系黒×純系赤）という掛け合わせを通して、黒カブトの親も「赤」の遺伝子を子孫に引き継ぐ事からどの色も生きていくのに必要な色もしくは必要になるかもしれない、今までの進化の過程で必要だった色だと考えられる。
「顕性の形質」は「茶」、「黒」「潜性の形質」は「赤」　保護色として「赤色」は「黒色」や「茶色」に比べて不利である事を考えると「顕性の形質」は「茶」C、「黒」K「潜性の形質」は「赤」A。
よって黒カブト（純系）KK（K＝黒）と赤カブト（純系）AA（赤＝A）を交配させると、（黒×赤）＝黒カブトのみが生まれる。KA × 4　「顕性の形質」（黒）のみが現「潜性の形質」（赤）が現れない。
また上記のKA × KA同士を交配させると、（黒KA × 黒KA）＝（黒×黒）、（黒×赤）、（赤×黒）、（赤×赤）。前回では現れなかった「潜性の形質」（赤）が分離して現れると考えられる。
これを確かめるため、2020年から2021年羽化
雑種（茶色C赤A黒K）CAK×CAK
CC（KorA）茶CA（KorC）茶CK（KorA）茶
AC（KorA）茶AA（KorC）赤AK（AorC）赤
KC（KorA）茶KA（KorC）黒KK（AorC）黒

今回の場合、顕性が茶なので黒：茶：赤＝2：5：2という形になり大凡、二代目のカブトムシの色の割合は黒：茶：赤＝1：2：1となると考えられる。
このことから、ある1つの色に関する遺伝子は各個体の中に3つあり　それらはそれぞれ父母からそれぞ受け継がれたもので、3つのうち顕性の形質が現れるのではないかと考えられる。もしも、1つの遺伝子しか受け継がれなかったら、子は顕性の遺伝子しか持っていないということになるので、孫で潜性形質は現れないだろう。
従って、二代目のカブトムシの色の割合は黒：茶：赤＝1：2：1となると考えられ、つまり親が黒カブトであっても、「赤カブト」は4匹に1匹の割合で生まれる事が分かる。このように「雑種」（純系黒×純系赤）という掛け合わせを通して、黒カブトの親も「赤」の遺伝子を子孫に引き継ぐ事からどの色も生きていくのに必要な色もしくは必要になるかもしれない、今までの進化の過程で必要だった色だと考えられる。
このように「雑種」という掛け合わせを通して、黒カブトの親も「赤」の遺伝子を子孫に引き継ぐ事からどの色も生きていくのに必要な色もしくは必要になるかもしれない、今までの進化の過程で必要だった色だと考えられる。
これまでの結果から、2021年に生まれたカブトムシについて親から子へ遺伝によって受け継がれる特徴の形質に関しては子に現れやすいものと現れにくいものがあると考えられる。両親からそれぞれ現れやすい形質（顕性）と現れにくい形質（潜性）を1つずつ受け継ぐ際、子には現れやすい方の形質が現れる。これを顕性の法則。この形質を現現型。遺伝子は染色体上にあるが、染色体の中の遺伝情報が存在する部分にある遺伝子は、両親それぞれから受け継がれるため、片方の染色体には母親由来の遺伝子、もう片方の染色体には父親由来の遺伝子が存在すると推察され、このことと異なる遺伝子情報を持っているはずれど染色体上の位置が同じ遺伝子が対立遺伝子と言うことが確認できた。
この上記の結果から、次年度2021年～2022年羽化
茶×茶　CC（KorA）×CC（KorA）CA（AorC）CK（KorA）AC（KorA）KC（KorA）茶
赤×赤　AA（KorC）×AA（KorC）AK（AorC）赤
黒×黒　KK（AorC）×KK（AorC）KA（KorC）黒
ここで同じ色同士の交配を行ってみた結果、同様親と同じ色になった。このことから、色に注目して育てたカブトムシはほぼ片方の遺伝子しか持っていない個体や系統で親子にあたると思われる。　配偶子へ遺伝子が分離して入る時互いに影響を及ぼさない。2組の対立遺伝子がそれぞれ別の染色体上に存在している場合、配偶子（卵や精子のことにはそれぞれが干渉することなく独立していると考えられる。独立の法則が確認できた。
2022年～2023年羽化
純系の遺伝子型が同じ遺伝子同士しか持たない個体や系統から色の違うカブトムシを掛け合わせて見る。
茶×赤　CC（KorA）×AA（KorC）ほぼ茶
赤×黒　AA（KorA）×KK（KorC）ほぼ茶
黒×茶　KK（AorC）×CC（KorC）ほぼ茶



このように、遺伝子型の異なる個体を掛け合わせるとほぼ茶色になった孫世代ではすべての個体が顕性形質と潜性形質の遺伝子を持ち合わせており、そしてすべての個体で顕性の形質が現れたのだと考えられ、親（雑種）の状態になったと思われる。
今年2023年～2024年羽化
雑種（茶色C赤A黒K）CAK×CAK
CC（KorA）茶CA（KorC）茶CK（KorA）茶
AC（KorA）茶AA（KorC）赤AK（AorC）赤
KC（KorA）茶KA（KorC）黒KK（AorC）黒



この結果から去年雑種に戻ったカブトムシの形質（特徴）には、雑種交配した際にその形質（特徴）が「現れるもの（顕性）」と「現れないもの（潜性）」とがあり、雑種第一代では顕性の形質のみが現れ、潜性の形質が現れない。
また雑種第一代と同じ色になった去年では現れなかった潜性の形質が今年雑種第4代で分離して現れている。このことから2021年夏羽化のカブトムシと同様の結果となった。
この結果から2021年に予想し確認されたことがもう一度同じ結果になることで確定された。

考察　3
今までの研究の結果から飼育環境の気温による成長速度の地域変異や飼育温度がカブトムシの成長や繁殖に及ぼす影響も調べてみようと思う。場所＝沖縄、熊本、東京、北海道の気温での飼育による繁殖、成長等の変異
また、温暖化がカブトムシに及ぼす影響と飼育温度と幼虫の発育の関係も考えて見たいと思う。
沖縄＝気候で沖縄のカブトムシ、熊本のカブトムシ（赤の果代、普通に育っているカブトムシ）をホットカーペットで暖めたり冷蔵庫で冷やしたりして、沖縄、熊本、東京、北海道の気候で育ててみた。（7日間20度を超えた時点で）。ここから完全な冬眠をしてないようだ。これから温暖化になると全てのカブトムシが冬眠をしなくなるのだろうか。同じようにを眠をする動物でもある熊が、近年冬の時期に目撃情報が時々ニュースになる。熊は冬眠の間に出産をする。この場合冬眠しないと次世代に命をつなげる事ができない。熊は何世代か繰り返すうちに冬眠をしなくなるのだろうか。同じようにを眠をする事による奇形や不具合がなくなるのだろうか。
そして2年前と4年前と同様その成虫同士を交尾産卵させる為に虫かごにいれて観察した結果、2年前と4年前は沖縄のカブトムシ以外は全く卵が生まれずじまいだったのに、今回は2の地区でのカブトムシも次世代に命をつなぐ幼虫が生まれた。この場合、近年の温暖化に適応しているのは沖縄カブトムシのようだ。また沖縄の気候で育てた急激な温暖化に熊本のカブトムシは適応できるのだろうか？
また、今までの飼育では熊本のカブトムシについて早く成熟させた場合、さなぎから成虫になる日数も若干少ないので体の機能に何らかの不具合が発生していたのかもしれない。この場合、近年の温暖化に適応しているのは沖縄カブトムシのようだ。
これとは逆に北海道の冷たい冬の時期が長くなるように冷蔵庫で7月9日までそれたカブトムシも育ててみた。普通に育ち、その期間は気温が低い期間が長かったにもかかわらず、北海道の自然のカブトムシとほぼ変わらない期間で成虫となった。（前回は羽化できなかったカブトムシもいた）北海道の気候で育てたカブトムシは、8月上旬から発生を始めた。その後8月下旬辺りで死んでしまう。少し短命だ。北海道の気候と比べて気温が高かったのだが成虫を餌飼育する適正な気温が北海道の方が低いのだろうか？ここも次の自由研究では成虫での飼育温度による寿命の変化も確認したい。羽化に至る期間は自然や暖めた幼虫よりも若干早かった。そして見た目も全く他の成虫と変わらない。また、その成虫同士を交尾産卵させた際の産卵しふ化して次世代へと命が引き継がれた。
この気温差によって北海道などの北の寒い地方のカブトムシと九州の南の暖かいところのカブトムシは、カブトムシを販売しているサイトなどを見る限り見た目や大きさはあまり変わらないようだ。冷蔵庫の中で育てた幼虫は羽化できなかったカブトムシもいた。
考察で見ると、北の寒い時期が長い地域では夏までの期間が短くかく冷蔵庫で冷やした状態と同じだろうと推察できる。寒い地域のカブトムシは成虫の期間も短く寒くなるのが早いので、幼虫は早くえさを食べさらに一度ったえさを効率よく体を大きくする。また同じように腐かくなる期間も短いため繁殖による早く幼虫から成虫へと成長していた。これは成長に使えるよい気候の期間が限られているため、素早く成長する能力が進化したと考えられる。カブトムシが成長効率をどのようなしくみで上昇させるのか、カブトムシにどのような負担が伴うのだろうか今後の研究につなげていきたいと思う。カブトムシの「色」と同様に生き残るさい効率よく成長する遺伝子を持っているのかもしれない。今までも温暖化地帯は緯り返されて来たと考えられる。そう思うと前回の一匹羽化しなかったのは、そういう北の環境に適した遺伝子が潜性のカブトムシだったのかもしれない。
このような結果と推察から、カブトムシの成長の速度はその気温の差が関係しているようで地域での差があると考えられる。（成長速度の地域変異）
考察3の結果から、カブトムシのサナギの時期や期間は、温度の高低によって差が出てくるが、ほとんどのカブトムシは適温（幼虫飼育と同じ）で管理していれば、サナギになってから4～8週間の間には羽化している。今までの飼育の状態と結果からカブトムシのサナギになる理想飼育温度は、20 ～ 25 ℃程度である。カブトムシがサナギになり成虫になるために、成長に必要な一定の温度（成長に必要（有効）な温度と時間（4～8週間）が必要な事が分かる。つまり、足していった気温とサナギから成虫になる時間が（ある程度幅はあるが）一定の時間を越えた時、重なった時に成虫となるようだ。同じ場所においても少しずつ上の温度が違うため成虫になる時期が多少ずれるのだろう。（有効積算温度の法則）
カブトムシの飼育温度と成長の関係は、今年の結果からどの地区でも羽化し繁殖が可能であったことから高温度域迄利用幅があることも分かる。しかし、熊本の気候ではカブトムシは3齢幼虫の時に越冬し、全く動かなくなるようだ。
夏期の暑さも食べさせ飼育する。冬眠（休眠）は、成長を一時的に停止し、冬期の低い気温や乾燥等の過酷な環境に耐える生存戦略の一つで、自分の身を守り生き抜く為のものであると思われる。一方に冬眠（休眠）し気温が上がり動ける状態になると、成長に関して調温と時間調整されると思う。冬期の低い気温や乾燥等の過酷な環境に耐える生存戦略の一つで、自分の身を守り生き抜く為のものであると思われる。一方に冬眠（休眠）し気温が上がり動ける状態になると、成長に関して調温と時間調整されると思う。
同じ熊本のカブトムシでも（同一種）環境が違えば既なる生存戦略を獲使する適応能力が今後の温暖化寒冷化がカブトムシの生態の分化（形の変化や生存環境等の細分化）が起こる可能性もあるのではないかと考えられる。たとえば温暖化で休眠がなくなる等今後の温暖化が進む事を想定して今年の冬は常に暖めた高温（もっと南で暖かい地域を想定して）で飼育を行い高温での成長による寿命の変化の期間が長いように思う。
また、今年の結果からカブトムシは、「色」や「気温」に対する特徴や性質を持っていることがさまでの研究から推察された。また、その「色」はいつ環境が変わっても生き残れるように表に出た特徴のサナギは半透明だが徐々に色づき、羽化が近づくと鞘やデゴ（角）のあたり黒くなってくる。またこの観察を続けていくとさなぎになる前の幼虫が大きいほど成虫になるまでの期間が長いように思う。
今回の研究でカブトムシは今日迄でうまく生活するための遺伝し、「色」や「気温」に対する特徴や性質を持っていることがうまでの研究から推察された。また、その「色」はいつ環境が変わっても生き残れるように表に出た特徴が長い間受け継がれている。また、地域による成長の特性も確認できた。サナギから成虫になるには積算された温度と同じく積算された時間の関係があることも分かった。すべて何億年も生き抜いてきたカブトムシの進化の結果だった。生物はこれだけ複雑な遺伝を持っている。まだまだ他にも隠された秘密を解き明かして行きたいと思うと同時に、地球温暖化等の環境の変化に適応していく様に思いを馳せる。

進日ジュニア科学賞