

5 温度変化における「群がり」の影響について

1 はじめに

動物の猿やペンギンが行う“群がり”習性にヒントを得て、熱をもった個体の冷却の様子を調べてみた。“群がり”による保温効果を確かめるために、実験では、複数の個体をいろいろな形で寄せ集め、単独の場合と冷却の仕方がどうちがうのかを調べた。

“群がり”の効果を活用すれば、将来的に、省エネなどの分野で、ひとの生活環境を改善するような新しいアイデアが生まれるかもしれない。

2 熱の伝導について

はじめに、熱の伝わり方について整理する。図1に示すように、熱には、放射、対流、伝導という3つの伝わり方がある。

群がりにおける冷却の実験では、これら3つの伝わり方がどれも関係してくる。

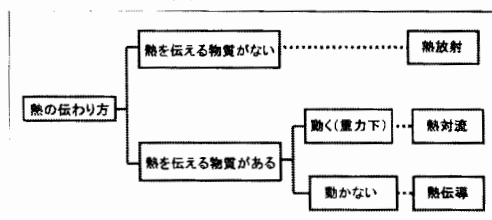


図1 熱の伝わり方

3 実験の概要

昨年行った予備実験により、熱を持った個体が群がる(複数個寄せ集める)と、集団全体に保温効果が働いて、単独の場合よりも冷却に時間がかかることや、群がる形状によって温度変化の仕方が異なることがわかっていった。

そこで、群がり方の違いによる各個体の冷却の様子を詳しく調べるために、今年、次のような実験を行った。

(1) 群がりの中に、大きさの異なる個体が含まれる場合の温度変化の測定(実験A)

A1: 個体の大きさが同じ場合(比較用)

A2: 中心個体の大きさが大きい場合

A3: 中心個体の大きさが小さい場合

A4: A3で密着度を高めた配置の場合

A5: 周囲個体の大きさが大小交互配置

(2) 一方向から風がある場合の各個体の温度変化の測定(実験B)

B1: 円形状の群がりに風を当てた場合

B2: 正方形形状の群がりに風を立てた場合

B3: 正方形形状の角方向から風を当てた場合

B4: 三角形形状に群がった場合

B5: 長方形形状の群がりに並行に風を当てた場合

B6: 長方形形状の群がりに垂直に風を当てた場合

4 実験方法と結果

(1) 実験方法の説明

写真1に示すように、熱を持った個体として、お湯を入れたペットボトルを使用する。

これらを9本寄せ集め、例えば、円形状や四角形状に群がらせた場合の各個体の時間に対する温度変化を温度計で測定する。

さらには、これら群がりの一方向から風を当てた場合の同様の変化を測定する。

なお、比較のために単独の個体の温度変化も測定する。(図示せず。)

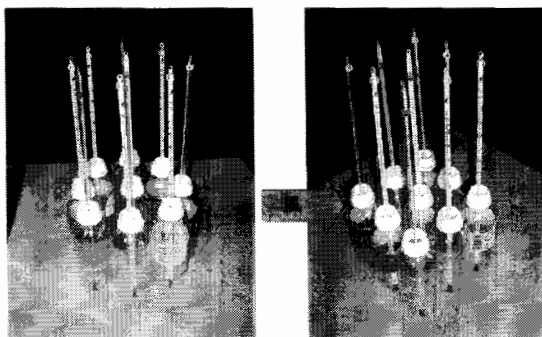


写真1 実験装置

(2) 実験結果

各実験では、図2に示すように各個体の時間経

過に対する温度低下の様子を色変化で表し、一目で全体を見れるようにした。(紙面数と表示色の制限から、ここでは実験B 2の例のみ示す。)

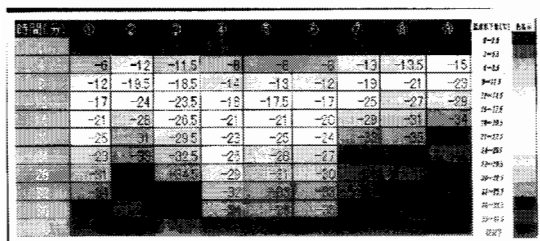


図2 各個体の温度低下の様子

次に、実験A (A 1～A 5)で各個体の温度を測定しグラフ化した結果を図3～図7に示す。

各グラフは横軸が時間の経過を表し、縦軸が温度を表す。

なお、中心個体の温度変化は▲印のグラフで表し、比較のために個体単独で測定したものの温度変化は●印のグラフで表す。

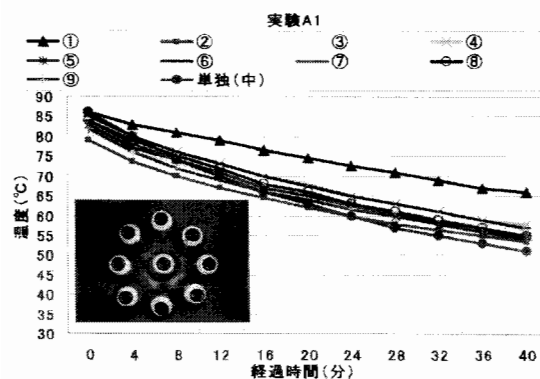


図3 実験結果(A 1)

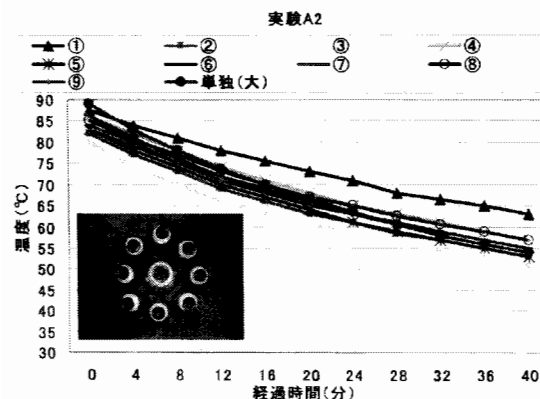


図4 実験結果(A 2)

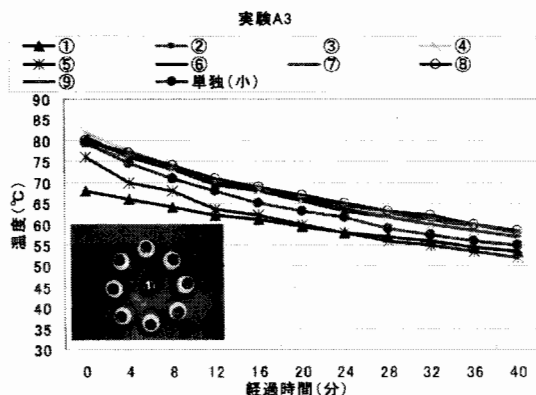


図5 実験結果(A 3)

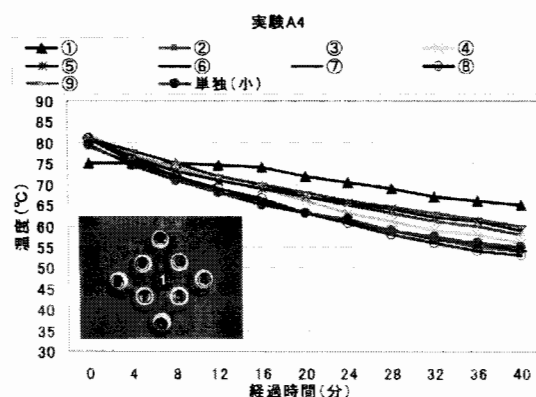


図6 実験結果(A 4)

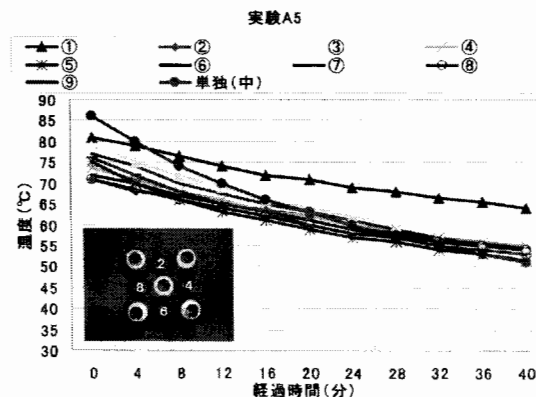


図7 実験結果(A 5)

次に、実験B (B 1～B 6)で各個体の温度を測定しグラフ化したものを図8～図13に示す。

実験Aと同様、各グラフは横軸が時間の経過を表し、縦軸が測定した温度を表す。

また、当てた風の方角を各図中に示した群がり形状の写真上に矢印で示した。

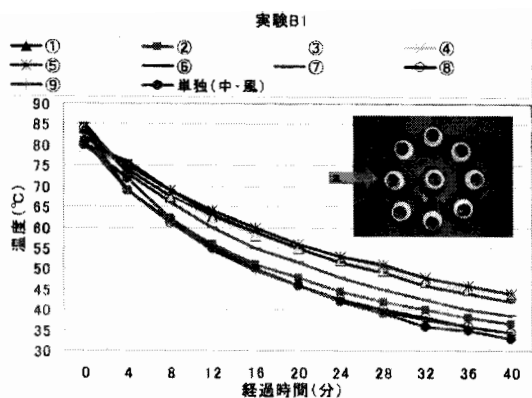


図8 実験結果(B 1)

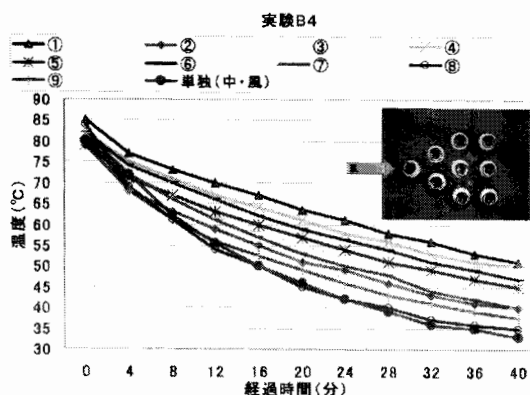


図11 実験結果(B 4)

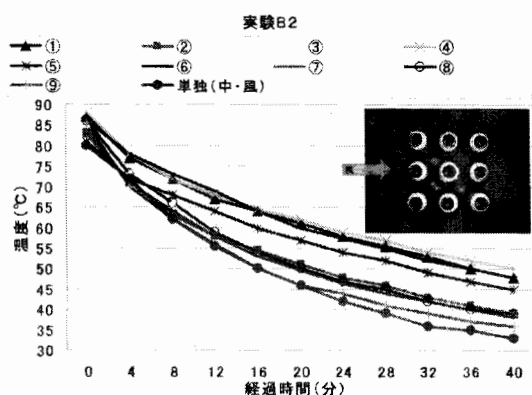


図9 実験結果(B 2)

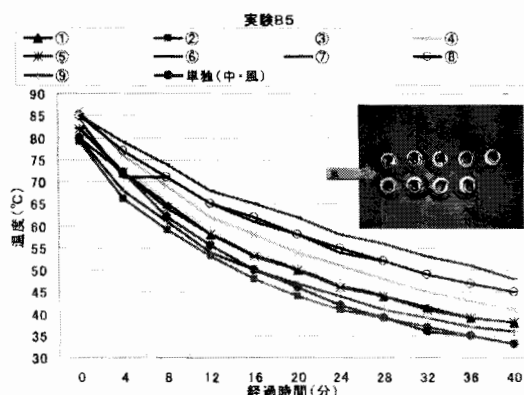


図12 実験結果(B 5)

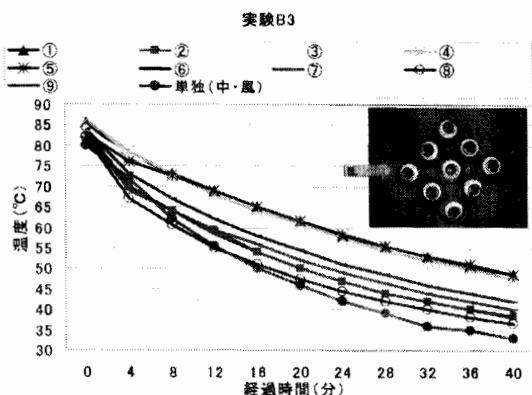


図10 実験結果(B 3)

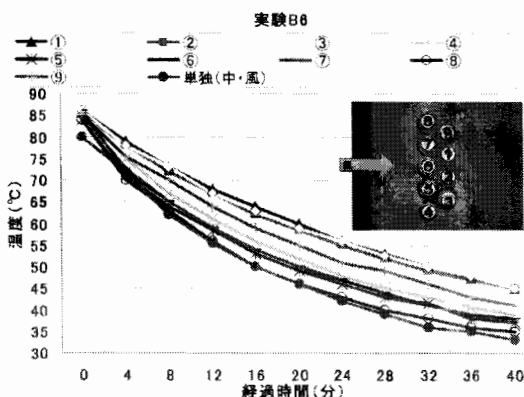


図13 実験結果(B 6)

群がり形状の各個体の温度変化と単独個体の温度変化を同一のグラフに表したことによって、全体の温度変化の様子を比較して見ることができる。

この時、グラフの傾きが急であるほど温度変化

(低下)が速いと言え、単独個体の温度変化と比較して傾きが緩やかであるほど保温効果が働いていることを示している。

なお、各実験は複数回行なってほぼ同様の結果が得られている。(再現性を確認)

5 考察とまとめ

昨年の実験では、群がった場合の保温効果は主にお湯や空気を媒体とする熱伝導によるものと考えたが、今回のA1、A2、A3の実験からは、少なくとも中心の個体と周囲の個体の密着度が上がったことによる保温効果の増加は見られなかった。

むしろ、中心の個体が小さく周囲との密着度が低い場合の方が保温効果が高い結果となり興味深かった。

密着度が低い場合、空気の対流により温度低下が速くなり保温効果が働きにくいと考えたが、熱を持った個体に周囲を囲まれた内側の空間では対流が起こりにくいものと思われる。

一方風が吹いた場合には、どうしても風と正対する方向の個体の温度低下が速くなるため(B1、B2の実験)、この方向の面積が小さい形状にするべきであると考えられるが、風に並行な列(実験B5)のように、密着度が低下する形状では逆効果になることがわかった。

なお、今回の実験結果を動物の群がり(ハドリングという)になぞられて考えてみると、強く冷たい風が吹く周囲環境で生活している“群がり”習性を持つ動物たちにとっては、寒さに弱い弱者やあるいはボスを集団の中心に置いたとして、風が吹いてくる方向には角を形成するようにかつ反対の方向には集団の厚みが出る形状に群がるのが有利であると推測できる。

最後に研究のまとめとして、群がり形状と保温効果の関係を図14と図15に示す。

分類	群がり状態	条件	中心個体の保温効果	集団全体の保温効果
個体の大きさが異なる場合		円形(基本形状)	○	○
		中心個体(大)	△	○
		中心個体(小)	◎	○
		密着度を高めた	◎	◎
		周囲の大きさ交互	○	○

図14 保温効果の比較(実験Aより)

図14は、群がりを構成する個体の大きさが異なる場合の中心個体および集団全体の保温効果についてまとめたものであり、中心個体の大きさが小さく、密着度を高めた群がり形状の場合に、最も保温効果が高いと言える。

また図15は、群がりに風が当たった場合の中心個体および集団全体の保温効果についてまとめたものであり、風の吹く方向に角を向けた三角形に群がった場合に、最も保温効果が働くという結果を得た。

分類	群がり状態	条件	中心個体の保温効果	集団全体の保温効果
風が吹いた場合		円形+風	○	△
		正方形+風	○	△
		ひし形+風	○	△
		三角(極限)+風	○	○
		風に並行な列	×	×
		風に並行な列	×	×

図15 保温効果の比較(実験Bより)

以上、昨年および今年の2度の“群がり”実験を通して次のようなことを知ることができた。

- (1) 群がり形状によって、集団全体あるいは中心個体の保温効果が異なる。
- (2) 密着度が高くかつ放射状に群がった場合に中心個体の保温効果が高い。
- (3) 風がある場合は、風方向に角を向ける群がり方が保温効果が高い。

6 参考文献

- (1) ゆかいな物理実験 k・ギップス(著)／朝倉書店(発行)
- (2) 温度変化における群がりの影響について PART1 (2004年度自由研究)／望月駿一