✿まだまだ陸での生活には大変な点がある

		水	陸
✓	水の入手・乾燥の危険	○	×
✓	姿勢維持・歩行	○	×
✓	食物の入手と消化	○	×
	温度の安定	○	×
	窒素代謝物の処理	○	×
	生殖・子孫の分散	○	×
	紫外線の危険	○	×

それらを大変とも感じずに私たちは暮らしている
→これはスゴイ！
体は文句もいわずに、こんなスゴイことをし続けている
→けなげ！

◎4人に1人が自殺したいと思った・自殺死亡率世界6位
(厚労省3月21日2017年)
これほど多くの人が死にたいと思うのは、異常

「夢をかなえよう」「私らしく生きよう」「自己実現しよう」という言葉を近頃よく耳にする
自己実現して、何者かにならなければ意味がない
ただ存在しているだけでは無意味という考え方が広まっているのではないか
←夢を実現するのは簡単ではない→死にたいと思う人がでてくる？

生物を見ていると
生きているだけでもスゴイことだ
余計なことなど何もしなくてもいい
こうして生きていることに、ものすごく意味がある　と思えてくる

もちろん
人間はただ生きているだけではない
もっと高級なこともやっている
それでもまず、生きていることを充分尊重する、その上で、より高級なことを考えるべき

♪地上の暮らしは大変だ　2’14

大変だ　大変だ　大変だ　大変だ
地上の暮らしは　大変なのだ
丈夫な骨や　細胞壁が
なければ　姿勢が　たもてない
楽じゃないんだ　地上の暮らし

大変だ　大変だ　大変だ　大変だ
餌を食べるのも　大変なのだ
硬いクチクラや　細胞壁を
砕いてはじめて　中身が食える
手間ひまかかるぞ　地上の暮らし

大変だ　大変だ　大変だ　大変だ
水場は遠いぞ　大変だ
からだの6･7･8割　水なのだから
表面覆って　節水しなきゃ
粘液　クチクラ　羽毛に　うろこ

大変だ　大変だ　大変だ　大変だ
歩いて行くのも　大変なのだ
水の中ならば　浮力の支え
流れも　後押し　してくれる
そんなことは　期待できぬ
地上の暮らし

昆虫は最も種数が多い

全動物種の7割（全生物種の半分）

節足動物門
- 三葉虫亜門（絶滅）
- 鋏角亜門（カブトガニ、クモ、サソリ）
- 甲殻亜門（エビ、カニ）←海の中で最も種数が多い；昆虫は甲殻類から進化
- 六脚亜門（昆虫）←陸上で最も種数が多い
- 多足亜門（ムカデ、ヤスデ）

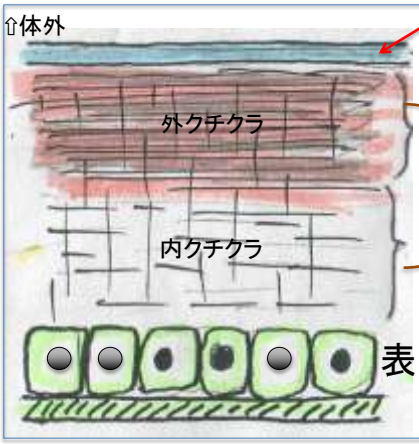
節足動物は、海でも陸でも最も繁栄している

なぜ昆虫がこんなに成功？

クチクラが外骨格をつくっている

クチクラ：体の表面を覆う硬くて薄いもののこと（キューティクル）

☆昆虫のクチクラ：高分子多糖類（キチン）製の繊維



上クチクラ（1/1000mm程度）ワックス層があり乾燥を防ぐ

（0.2mmまで）
硬い→身を守る・姿勢を保つ・脚や羽

表皮細胞（クチクラの物質を分泌）

◎昆虫は2段階のステップを踏んで大成功

1.乾燥防止機能のあるクチクラの外骨格で体をすっぽり覆って体の乾燥を防いだ（体の小さいものは乾燥しやすい）（乾燥している）陸を制覇

2.軽くて丈夫なクチクラを使って羽を生やし空を制覇

☆飛べばものすごく有利

- 昆虫のように体の小さいものは、

歩行速度が遅い→行動範囲が限られる

⇔飛べば、圧倒的に速い→行動範囲が広がる

- 飛んだ方が省エネ（飛ぶには多大なエネルギーがいるが、速いので、同じ距離を行くには、飛ぶ方が省エネ）

→敵から逃げる・食物を探す・子孫を広める上で有利

飛び方に2種類

1.ゆっくり羽を動かすもの（＜30Hz、トンボ、バッタ）

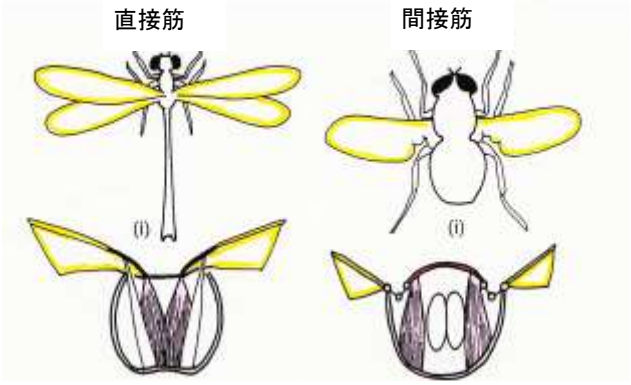
・飛翔筋が羽を直接引っ張って動かす

＝直接筋（われわれが腕をぱたぱたさせて飛ぶまねをするのと同様）

2.早く羽を動かすもの（100～1000Hzハチ、ハエ、カ、甲虫）

・飛翔筋が胸のクチクラに付着し、羽を間接的に動かす

＝間接筋



●間接筋＝筋肉とクチクラのバネ（弾性的性質）を使った共鳴箱の原理で作動

弦をはじくと、弦がふるえる（弾性体は一度変形させて離すと、ブルルンとふるえ続ける）→その振動に共鳴してギターの胴も同じ振動数で大きくふるえる（振幅の拡大）

飛翔筋＝弦

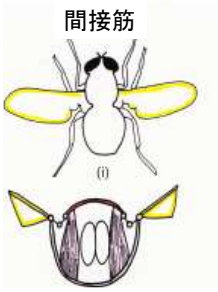
クチクラ製の胸の箱＝共鳴箱（胴）

共鳴箱の振動で羽を駆動

筋肉を一度ピクンと縮める

→羽が（何もしなくても＝タダで）振動し続ける

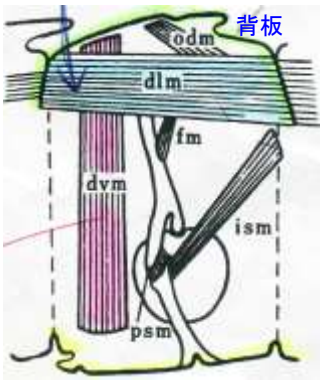
→ものすごく省エネ！



間接筋

胸部の長軸方向の切断図

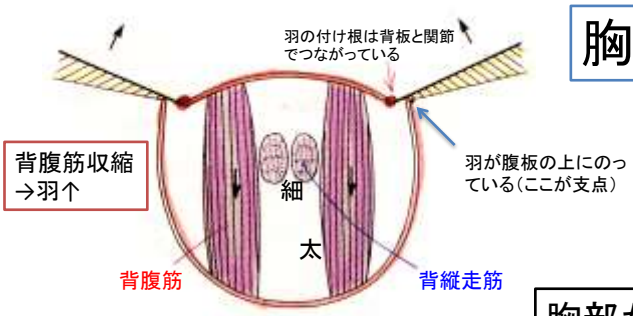
背縦走筋（これは背板の前後が内側に入り込んだところに付着）

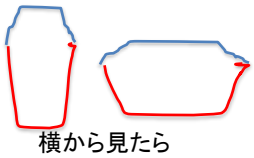


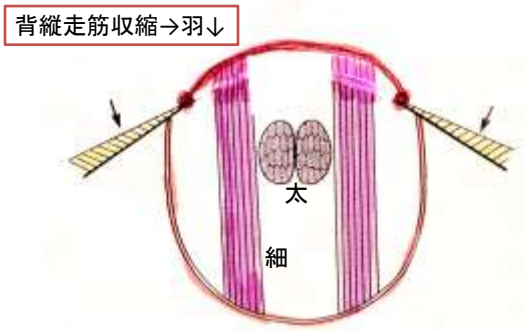
背腹筋

腹板

胸部の断面図







胸部がクチクラでできた共鳴箱
＝バネ振り子
→共振周波数で振動
いったん振動はじめれば、ずっと(エネルギーを使わずに)振動
→省エネ、早い動き

そんなに飛ぶことがいいのなら、生まれてすぐに飛べばいいはずだが・・・

幼虫：羽なし；植物の葉を食う
成虫：羽あり；蜜や樹液を吸う

蜜：スクロースの濃厚な溶液＝低分子で消化吸収がいい
ただし花は時期が限られ、葉より数は少ない
→花蜜だけで暮らすのは非現実的

葉：手間がかかる(立派なあごと長い腸が必要)
セルロースは消化できない
→大量の葉を食べる
→満杯の重い胃腸をずっと抱えている状態が続く
→体が重くなる
→飛ぶには不適

☆幼虫：成長＝大量にある葉をひたすら食べて成長する

昆虫は小さいから親が卵を産みつけてくれた草1本で足り、動きまわらなくていい

→捕食者にみつかりにくい

☆成虫：飛び回る（蜜を吸う・食べない）

動物が動き回る理由

餌を探す（子の食草をみつけて卵を産む）

交尾相手を探す

昆虫は幼虫時代と親の時代とで生き方を変え、体の小さいことをも利用して、異なる環境（餌）を利用している→昆虫大成功の1因

◎体が小さい＝陸上では困難の原因となる

	昆虫の対応
乾燥	クチクラの外骨格（防水）
食われやすい	クチクラの外骨格（硬い）；幼虫時代は動き回らない
移動のコスト	間接飛翔筋

☆ただし小さいことには良い面もある

そもそも小さいものは数が多い

生物に限らない

ex.地面の凸凹:

エベレストほどの凸凹は世界に1つ⇔砂粒ほどの凸凹なら、まさに真砂の数ほど

生物：大きいものほど種数・個体数少ない

←大きい個体は養うのに大量の資源が必要で、たくさんの数を地球は養えない

◎小さいものからは、新しいものが進化しやすい

進化の機構：
生殖して子が生まれるときに、突然変異により、親とはちょっと違ったもの＝変異が生じる
生き残る上で都合の良い変異なら、それはどんどん子孫を増やす
これを繰り返す→新たな種が生じる

- 小さければ世代交代の時間が短い→変異がどんどん生み出される
- 小さいと環境の変化・捕食者に弱い→生じた変異がどんどん淘汰される→優れた変異が生き残る
- 小さいから行動範囲が狭く、そのため、他の集団から隔離されやすい→その優れた変異が新しい種として定着しやすい
- 小さけければ少量の食物でやっていけるので、まばらにしかない餌を食うように特殊化した種でも生存できる

→種数も個体数も多くなる

☆昆虫が大成功しているのには、体が小さい事が大いに関係

☆被子植物との共生が昆虫の多様性を高めた

被子植物（きれいな花を咲かせる植物）

被子植物がきれいな花をつけるのは、昆虫の目を引き、受粉を助けてもらうため

植物は動けない→花粉の運搬を、風や昆虫に頼る

昆虫に頼む場合は、お礼として蜜を与える

昆虫は蜜をもらい、植物は花粉を運んでもらいと、互いに持ちつ持たれつの関係を結ぶ＝送粉共生

花粉の運搬役には、昆虫はうってつけ

- 飛べるから、高い枝先の花にも、遠くのものにも届けてくれる
- 昆虫は小さいから少量の蜜で満足してくれる

自分の仲間の花を好んで来てくれる昆虫と特別な関係を結ぶことができれば、受粉の確率は上がる

→特定の昆虫に蜜を与えるように花が進化し、その花から効率よく蜜を集められるように昆虫の方が進化しと、相互に影響を与えながら進化する

＝共進化

◎被子植物も昆虫も、共進化により種の多様性がものすごく高まった

昆虫：動物の種の7割以上
被子植物：全光合成生物種の約7割

昆虫は、自分たちのために着飾って訪れを待っている他の生物に囲まれて暮らしている←こんな幸せ、私たち人間にはないんだなあ

昆虫大成功の秘密（まとめ）

1. クチクラの発明という大イノベーション
2. ライフステージを2つに分けた
3. 体が小さいというデメリットの多い性質を、状況の変化への対応の早さというメリットに変えた
4. よい相手と組んで、ウイン-ウインの関係を築いた（被子植物との送粉共生）

昆虫は、デメリットをメリットに変えて成功＝まことにすごい！

虫はとぶ

2’24

トンボ　すいすい
川風　涼し
羽を動かす　直接筋
クマバチ　ぶんぶん
下がり藤
羽を動かす　間接筋
虫は飛ぶ　花から花へ
クチクラの羽を打ち振って
虫は飛ぶ　蜜をもとめて
共鳴箱を
ぶんぶんとふるわせて

バッタの跳ねる　とうきび畑
クチクラのバネを使い
とび上がる
ノミは　ぴょんぴょん
ウサギ小屋
跳ねる秘密は
レジリンタンパク
虫は跳ぶ　黍の葉ゆれる
クチクラの脚は　草を蹴る
虫は跳ぶ　背丈をこえて
弾性タンパクを　はずませて