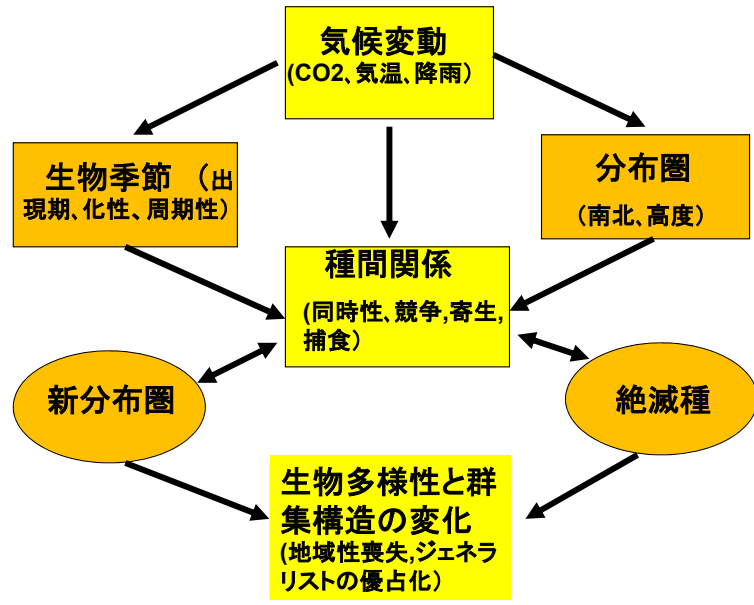


温暖化にともなう虫たちの変化

桐谷圭治

2016・10・27(静岡市・自然研連会議)



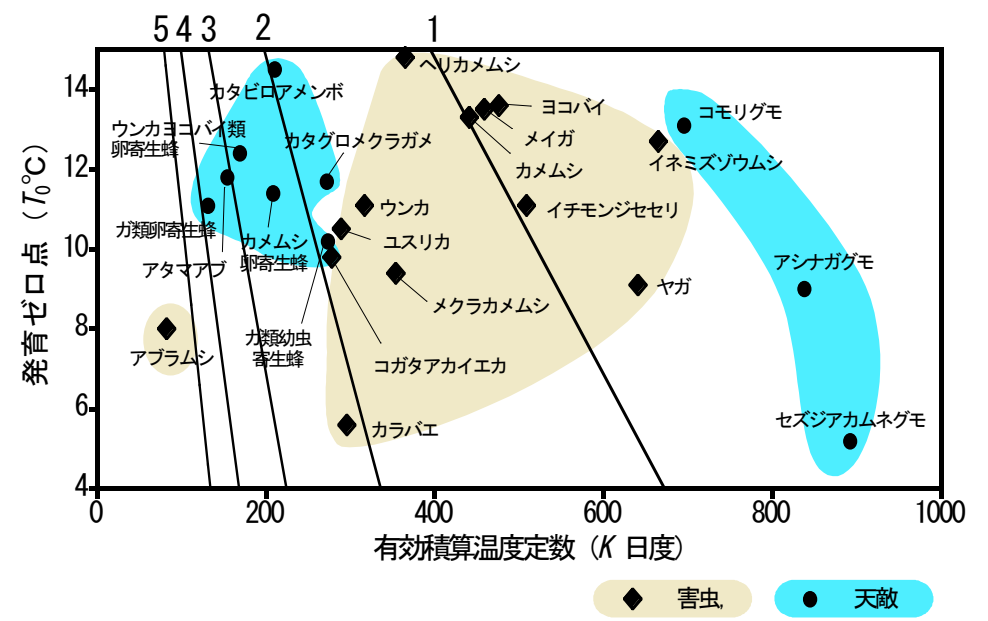
生物多様性におよぼす気候変動の経路

(Hughes 2000, Menendez 2007を改変)

* 世界人口
 10,000 年前: 6 百万人
 2000: 60億人
 食料生産は1.6倍に増産
 2050: 96億人

* 地球表面温度の上昇
 過去: 1万年間に1°C 上昇
 2100: 100年間に1.4-5.8°C
 (10-100 倍の上昇率)
 1°Cの上昇はコメの7%減収

地球温暖化に伴う水田昆虫群集の増加世代数 (年平均気温15°C, 2°Cの上昇)



人工造林と温暖化がもたらした問題と教訓

1950年代に1000万ha(国土面積の28%)を針葉樹で人工造林した。外材輸入、燃料革命、高齢化で管理放棄される。20年後に開花・結実がおこる。

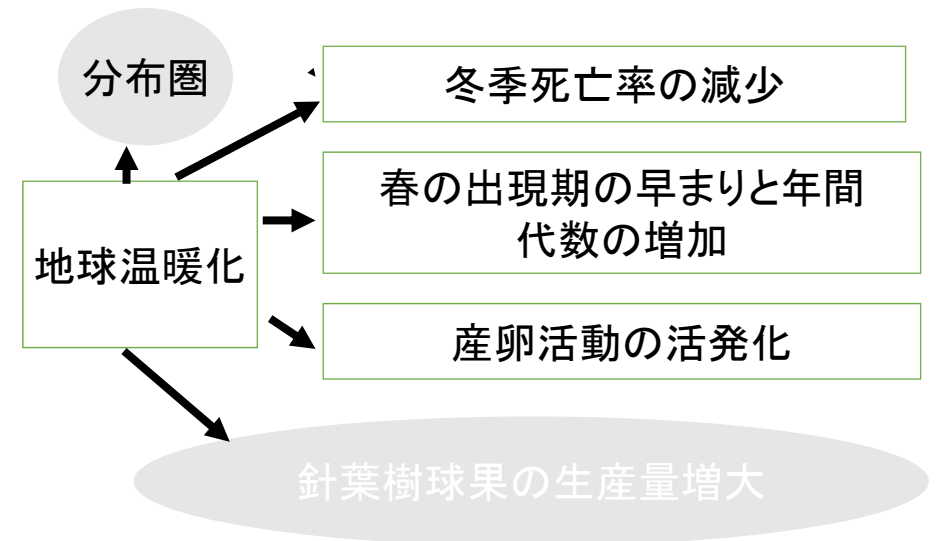
問題

1. 果樹カメムシ問題
2. スギ花粉症: 1963に初報告。医療費 ¥ 2860億/年
3. シカの激増: 1970年代は17000頭/年にたいし2004年には170000頭/年と10倍増の捕獲数
4. ノウサギの激減: 同期間に20分の1に減少し、2004年には50000頭/年でシカより少ない。

教訓

1. 生態系の予測不確定性とタイムラグ
2. 長期的・広域的視点からの管理: 戦略的有害生物管理の必要性。

地球温暖化がカメムシに及ぼす影響

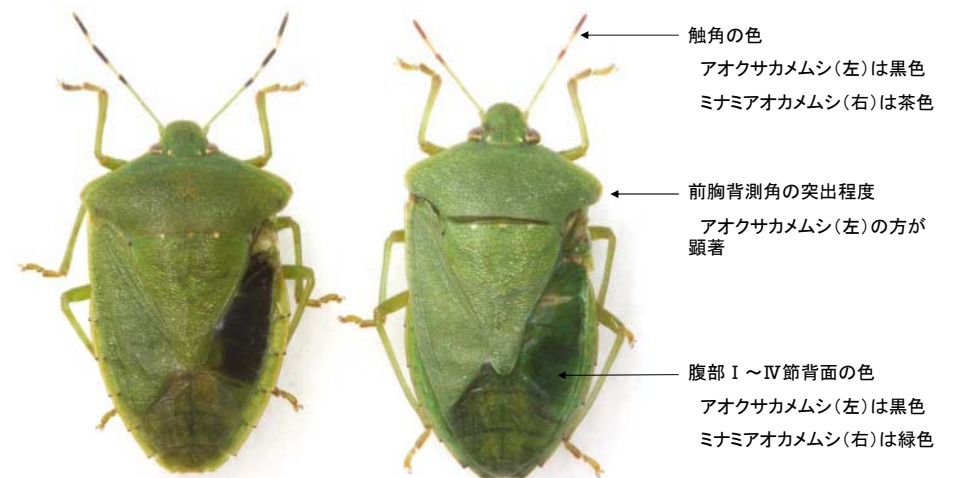


過去30年間の年平均温度からの偏差値(°C)と斑点米カメムシおよび果樹カメムシに対し都道府県が発令した発生警報数

期間	偏差(°C)	警報発令県数		合計
		斑点米	果樹	
1989-1997	0.30±0.46	7.7±4.9	14.4±13.9	22.1±16.4
1998-2006	0.52±0.33	22.7±9.3	17.8±6.5	40.4±14.6

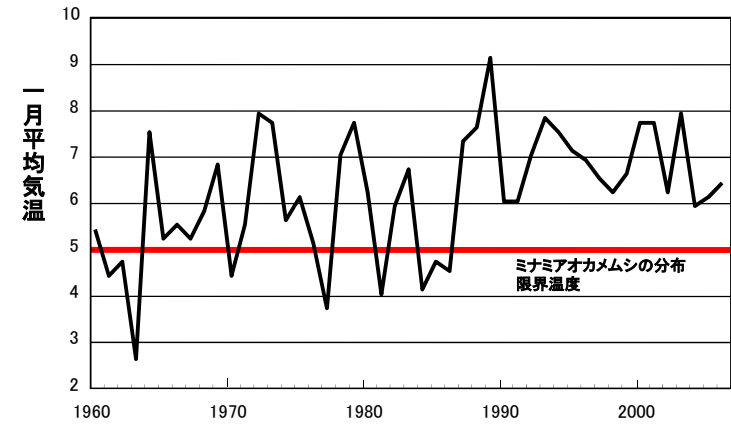
アオクサカメムシ(左)とミナミアオカメムシ(右)

紙谷聡志, 2008



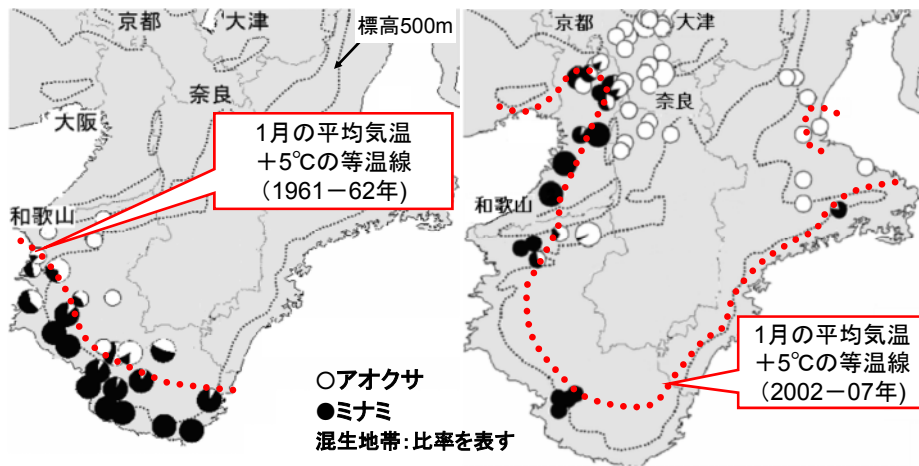
ミナミアオカメムシ(V)とアオクサカメムシ(A)の比較(桐谷・法橋 1970)

	ミナミアオカメムシ(V)	アオクサカメムシ(A)
分布	世界の熱帯~温帯	東アジアの温帯
寄主植物	イネ>マメ(多食性)	マメ>イネ(多食性)
年間世代数	3世代	2世代(夏眠する)
産卵前期間	2週間	3週間
卵塊サイズ	75~100卵	60~65卵
耐寒性	5°C付近	より低温



福岡市に於ける1月平均気温の年次変動
(Yukawa et al.:2007)

近畿中南部におけるミナミとアオクサの分布の変遷



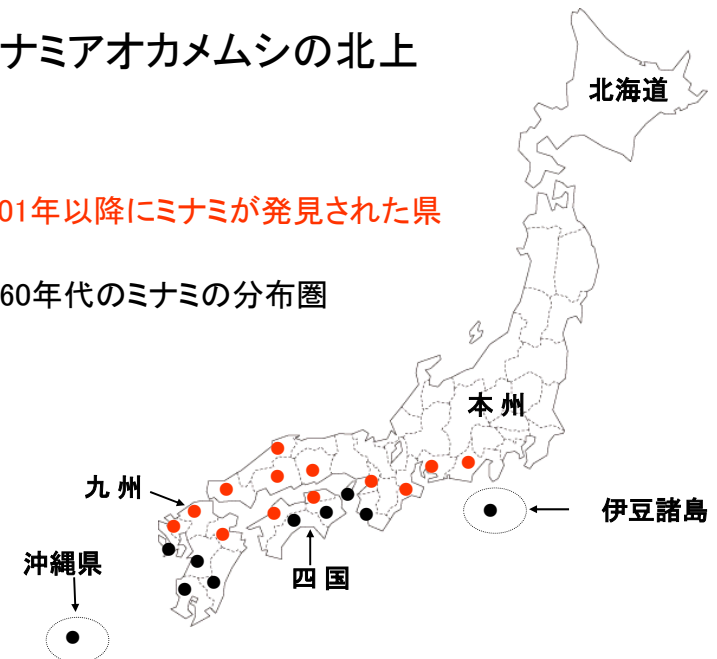
1961-62年 (Kiritani et al., 1963)

2000年代 (Tougou et al., 2009)

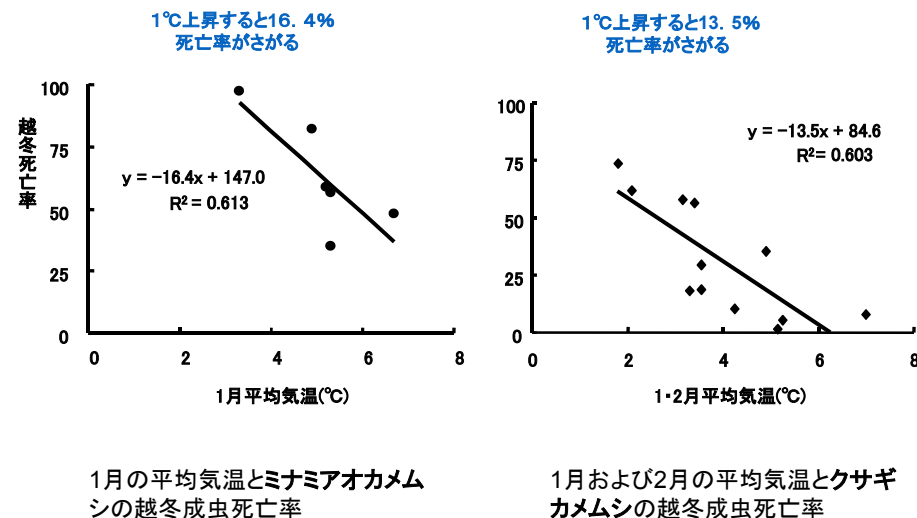
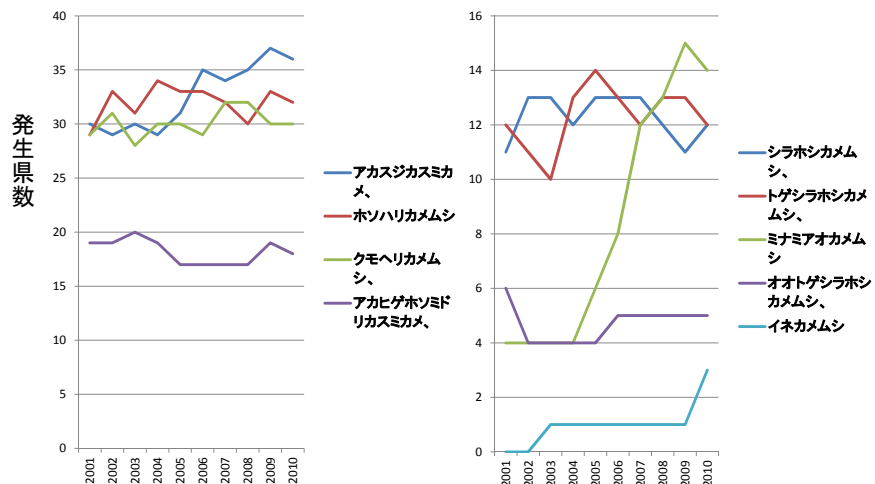
気温上昇でミナミの分布域が北方へ拡大

ミナミアオカメムシの北上

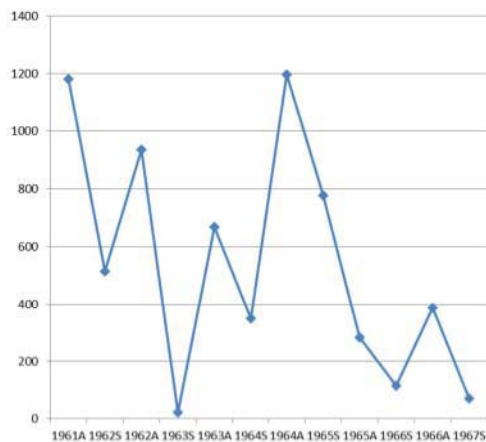
- 2001年以降にミナミが発見された県
- 1960年代のミナミの分布圏



全国(除沖縄)における過去10年間の主要斑点米カメムシの発生県の推移(東海農政局2011)

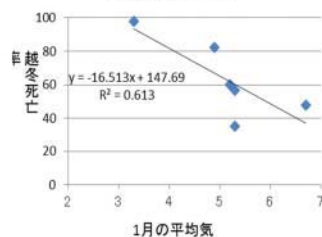


個体群密度

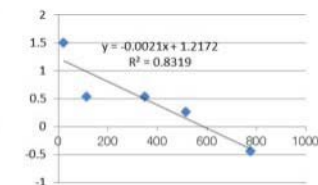


1°C上昇すると16.4% 死亡率がさがる

越冬死亡率



logR



野外における2種の種内・種間交尾

V:ミナミ、 A:アオクサ

	観察期間 (年)	観察個体数	種間交尾 個体数(%)	種内交尾 個体数(%)
混棲地帯	1961~64	V♀ 783 A♀ 678	69 (9%) 16 (5%)	266 (34%) 303 (45%)
ミナミアオカメムシ 単棲地帯	1961~62	V(♂+♀) 8439 A(♂+♀) 21	V♀x A♂:5 A♀x V♂:2	調査せず Aの14頭は 非交尾単独

ミナミの単棲地帯では、アオクサ(A)はすべて種間交尾になる

種間交尾は命を縮める

組み合わせ	使用対数	交尾頻度	♀成虫寿命 (日)(25°C、長日)
V♀xV♂	6	12.2	60.3
V♀xA♂	6	10.3	41.2
A♀xA♂	2	8.5	84.0
A♀xV♂	6	0	26.0

桐谷・法橋 (1970)

福岡県筑後平野におけるミナミの北進とアオクサの減少

ミナミ/(ミナミ+アオクサ) (Yukawa et al. 2007 を改変)

	2002年	2003年	2005年
久留米市	3.7	5.7	62.2
黒木市	16.9	38.1	87.5
筑後市	70.8	81.9	100

共存地帯から急速にアオクサが駆逐される。

温暖化の実験区で観察されたミナミの羽化失敗個体



1961~63年間に和歌山県南部で作成されたミナミの16枚の生命表の総括(2)

	第1世代	第2世代	第3世代
使用卵数	7845	37822	9912
卵塊サイズ(m±SD)	74.4±15.5*	85.6±16.4	101.6±13.2
孵化率(%)	40.6	66.3	70
孵化幼虫数	3185	25060	6943
幼虫期間(日)	43.7	27.6	50
幼虫生存率(%)	17.7	7.7	6.5
日当たり幼虫生存率(%)	0.962	0.912	0.946
羽化♀成虫体重(mg)	154	97.4	102.1
♀成虫寿命(日)	18.4	20.1	最大10カ月
産卵前期間(週)	3	4	8-9*
不妊♀(%)	20.6	31.8	1*
産卵♀(%)	46.5	34.4	44.4*
卵数/産卵♀	181.3	97.4	128.1*

* 越冬後成虫の数値

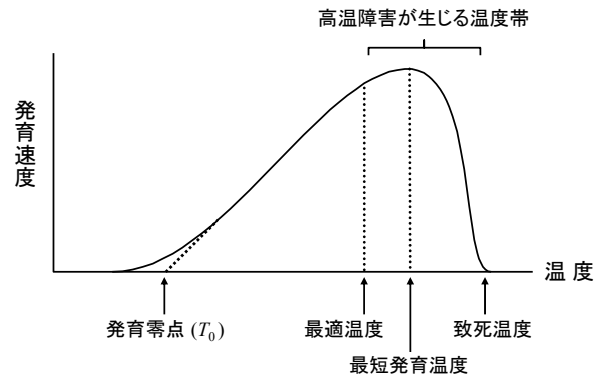
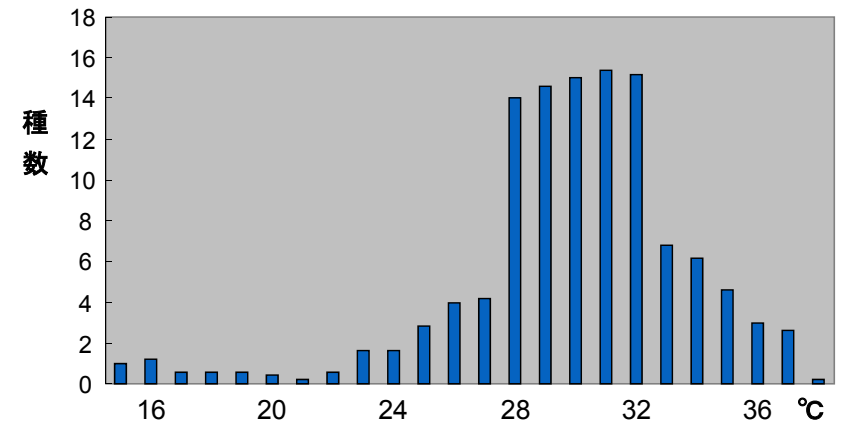


図2 发育零点と最適温度, 最短发育温度, 致死温度, 高温障害が生じる温度帯の関係を示す模式図

119種の昆虫が示す高温障害温度の種数頻度 (5点移動平均) (Kiritani, 1997)



高温障害は大部分の昆虫では28~32°Cの範囲でおこる

カメムシ目における发育ゼロ点と高温障害温度の比較(桐谷2012)

	使用種数 发育ゼロ点(T_0)		使用種数 高温障害温度	
	使用種数	平均值±標準偏差	使用種数	平均值±標準偏差
カメムシ目全体	91	10.8±3.8	38	30.4±2.5
アブラムシ類	19	5.3±2.6	8	29.8±3.6
ヨコバイ・カイガラムシ	31	11.2±2.6	13	30.2±2.0
カメムシ・アメンボ	41	13.1±2.1	17	30.8±2.2

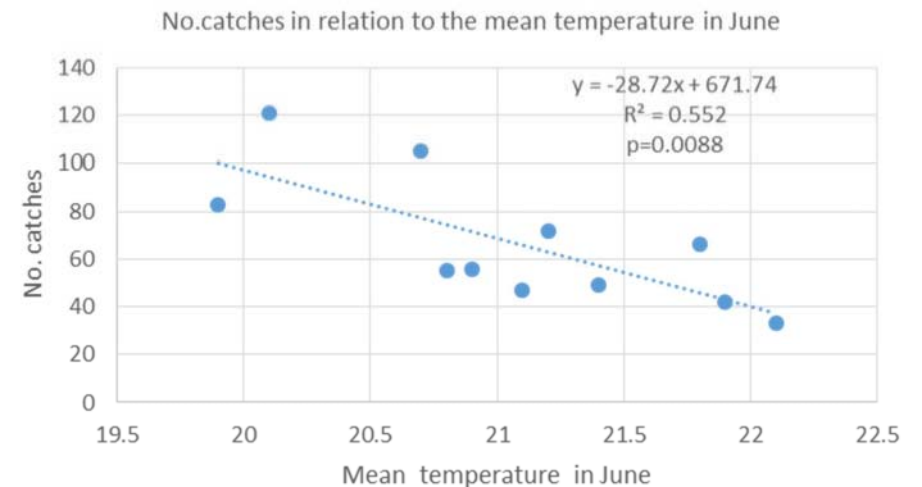
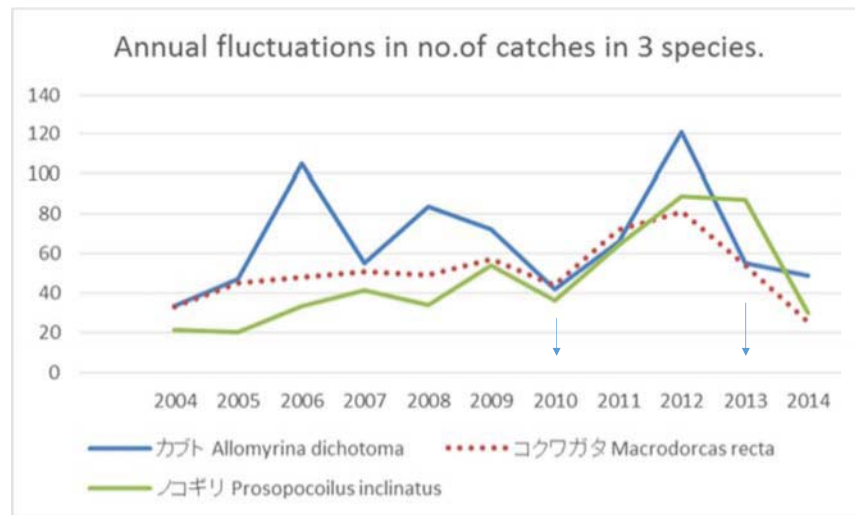
まとめ(1): 温暖化と生物多様性

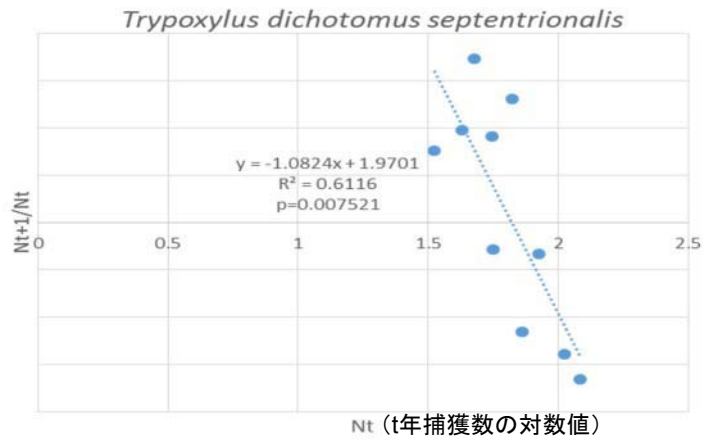
1. ミナミの分布北限が1月平均気温5°Cの北上に伴い北進する
2. 先住種のアオクサとの種間交尾の効果は頻度依存的に働くため、アオクサは、ミナミの侵入初期には少数派のミナミの定着を阻害するが、ミナミの高い増殖率とイネを好むことから、間もなくアオクサを圧倒して多数派になり、種間交尾によってアオクサは種内交尾の機会をうばわれ、絶滅に向かう
3. 山間部や北部の低温地域では、冬の低温がミナミの定着を妨げる。共存地帯では冬はアオクサに、春から秋にかけてはミナミに有利に働くので、この選択圧が交互に代わるため共存が維持される

まとめ(2): 温暖化と高温障害・密度制御

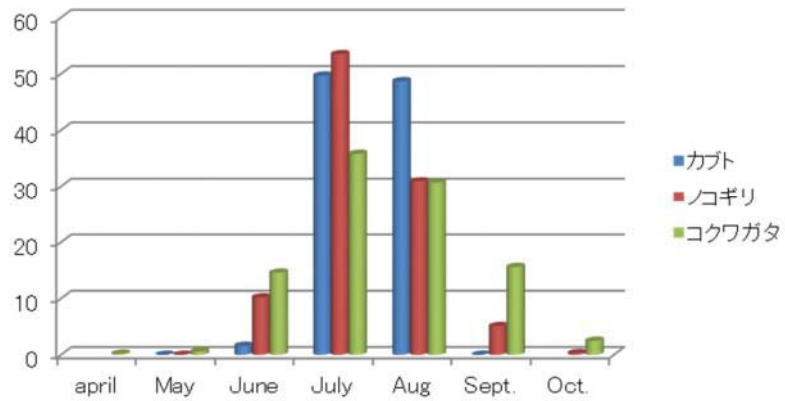
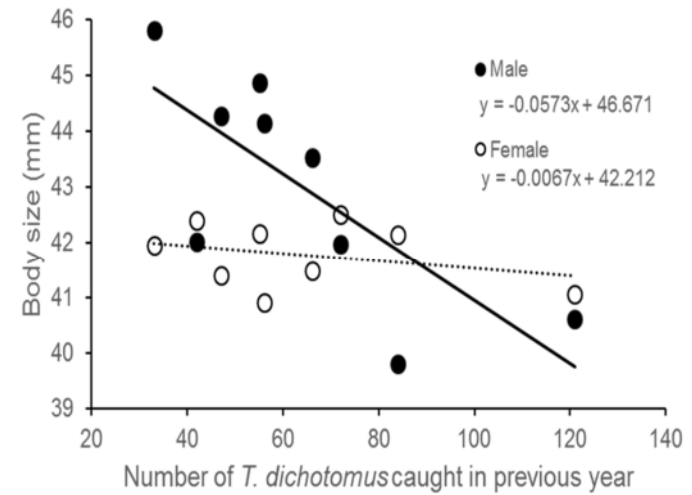
4. 熱帯起源の種でも夏季の高温は、生育や繁殖に障害をもたらすことが分かった。地球温暖化は昆虫全体に高温障害をもたらす可能性が大きいことが示唆された
5. 温帯起源のアオクサは夏眠によって、高温障害を回避していると考えられるが、そのため世代数を犠牲にしている。どちらが最終的に有利かは興味ある問題である
6. たとえ、ミナミの単棲地帯になっても、その密度は無限に増えることなく、密度依存的要因によって制御されている

里地・里山は国土の4割程度、
二次林は国土の約2割(800万ha)、
水田面積は250万ha
絶滅危惧種の半数が生息する。





カトムシ個体群密度の密度依存的制御機構



Extinction risk from climate change

Thomas et al. 2004 Nature 427:145-148

2050年までの種の絶滅リスク

中程度の温暖化シナリオでは
 動植物種の最低15%,最高37%が
 絶滅への道をたどる

7カ国19名の共同研究。動植物1103種を使用。気候変動モデル3個を使用。移動性の有無の2ケースを仮定。3つの種類面積($S=αA^z$)を仮定

もし昆虫がいなくなれば？

ハーバード大学のエドワード、O. ウィルソン 2010

昆虫がいなくなった最初の数十年間に、花粉媒介虫がい
ないため、被子植物の大半が繁殖を停止し、草本性の被子
植物は一気に絶滅に向かいます。代わって風媒性のイネ科
やシダ類、針葉樹が優勢になります。虫媒性でも灌木は生
き延び、一部は数百年生き延びるものもあるでしょう。土壌
をすき返すアリなどがいないため、土壌劣化も一因となり植
物の衰退が加速されます。

食物を失ったトリなどの陸生脊椎動物も後を追って消滅し
ます。動植物の遺体で数年にわたり菌類と細菌が爆発的に
増えるでしょう。人類は風媒植物の穀類と海産物を頼りに生
き延びますが、当初の数十年にわたる飢饉によって人口は
大幅に減少し、減少した資源をめぐる戦争や騒乱がはげしく
なると予想されます。

ご静聴ありがと
うございました。