

特集：プラントアクティベーター

プラントアクティベーターを利用した チャの病害防除技術の開発

(独)野菜茶業研究所茶 IPM 研究チーム 吉 田 克 志

は じ め に

チャ (*Camellia sinensis* L.) は木本の永年作物であり、挿し木増殖され、新芽が1年に数回収穫される特徴をもっている。また、緑茶は我が国で古くから飲用されている国民的飲料であり、近年、ペットボトル飲料など生活習慣の多様化に対応した製品の開発や、抗アレルギー活性や肥満防止効果などの機能性が明らかにされたこともあって、今後の需要増加が期待されている。一方、日常的な飲料としての観点から、低農薬・有機栽培などの安全・安心な茶を求める消費者の要求が高まっている。

日本の主要緑茶品種である‘やぶきた’は我が国の全茶園面積の約75%で栽培されているが、‘やぶきた’一辺倒の栽培体系は病虫害の多発を招き、その防除に多くの労力と費用が費やされている。さらに‘やぶきた’を交配親として育成された‘さやまかおり’や‘おくみどり’などの緑茶品種の多くも‘やぶきた’と同様に十分な病害抵抗性をもたないため、これらのチャ品種の栽培には殺菌剤のスケジュール散布が必須となっている。しかしながら、薬剤耐性菌発生を避けるために、作用機作の異なる薬剤を輪番で使用する必要があること、チャ新芽の摘採*や整枝**の直後に行う必要がある輪斑病の薬剤防除は、ドリフトのおそれがあるため、隣接茶園の摘採が終了していない場合は実施できないなどの防除作業上の問題も生じている。これらのことから、薬剤耐性菌が発生せず、効果の持続期間が長く、環境負荷の少ない病害防除資材の開発が求められている。

プラントアクティベーター (Plant Activator) は直接的な抗菌性や静菌性ではなく、植物に持続的かつ複数の病原微生物に有効な病害抵抗性を誘導する薬剤であり

(KESSMANN et al., 1994)、イネではプロベナゾールやチアジニルがいもち病防除に使用され、大きな成果を上げている (富田, 2003; 岩田, 2004)。また、化学合成されたプラントアクティベーター以外に、パン酵母抽出物やビール酵母細胞壁成分由来の液体肥料が植物に病害抵抗性を誘導することが報告されており (吉田・荻野, 2006; 小原ら, 2007)、これらもプラントアクティベーターの範疇に入ると考えられる。本稿ではプラントアクティベーターを利用したチャ病害防除技術開発の現状並びに今後の展望について紹介する。

I チャ病害防除におけるプラントアクティベーターの利用場面

チャの病害の中で要防除病害とされるのは、炭疽病、輪斑病、もち病、網もち病および赤焼病であり、細菌病である赤焼病以外はすべて糸状菌病である。チャにおけるプラントアクティベーターを用いた病害防除試験では、①全国的に発生が問題視されること、②一番茶摘採残葉から秋冬番茶までの病害発生時期が重なること、③接種による病害抵抗性の検定法が確立されていること、④圃場接種試験が可能であることから、*Colletotrichum theae-sinensis* (MIYAKE) YAMAMOTO によるチャ炭疽病および *Pestalotiopsis longiseta* (SPEGAZZINI) Dai et KOBAYASHI によるチャ輪斑病を対象病害とした。

チャ炭疽病菌は他の炭疽病菌とは大きく異なり、新芽の毛茸からのみチャ葉に侵入する特徴をもっている (浜屋, 1982)。本菌の感染時期は新芽生育期に限られ、大型の褐色病斑が形成されるまで20日前後必要であり、薬剤散布は新芽萌芽期から生育初期の1~2週間の間に行わなければならない。一方、チャ輪斑病菌は新芽の摘採や整枝などでチャ葉に傷が付いたときに傷口感染する特徴をもっており、摘採や整枝直後に殺菌剤散布を行う必要がある (堀川, 1984)。そのため、両病害からチャを守るためには、チャ新芽の萌芽から摘採期にかけて30日前後の長期間の保護期間が必要であり、通常は新芽生育期と摘採期にそれぞれ1回ずつ計2回の殺菌剤散布が行われている。プラントアクティベーターを用いて、チャに長期間持続する病害抵抗性を誘導する技術を

Development of Disease Control in Tea by Plant Activators.
By Katsuyuki YOSHIDA

(キーワード: チャ, プラントアクティベーター, 誘導抵抗性, チャ炭疽病, チャ輪斑病, チアジニル, パン酵母抽出物)

* 摘採: チャの新芽を摘んで収穫することで、人力による手摘み・はさみ摘みと、摘採機による機械摘みがある。

** 整枝: 新芽を摘採後に、遅れ芽などを除去したり、前回摘採面より上で摘採面の凹凸を平らに刈り揃え、樹冠面を均一にすること。

確立できれば、1回の薬剤散布で炭疽病と輪斑病の同時防除が可能となる。そこで、チャにおけるプラントアクティベーターの利用を目指した本研究では、病害抵抗性の誘導機作などの基礎的研究よりも、既存の資材を用いた病害抵抗性の誘導効果や持続期間ならびに圃場における防除効果を重点的に検討した。

II プラントアクティベーターによるチャの全身の病害抵抗性誘導

チャに病害抵抗性を誘導することが期待される薬剤として、サリチル酸（光原ら，2004），合成ジャスモン酸誘導体であるプロヒドロジャスモン（腰山ら，2006），チアジニル（富田，2003），プロベナゾール（岩田，2004）およびタバコに病害抵抗性を誘導することが確認されたパン酵母抽出物（アグリボ EX；小原ら，2007）を供試した。これらの供試薬剤のプラントアクティベーター活性の試験を行うために、図-1 に示す室内検定法を構築した。すなわち、成葉 2 枚が付いたチャ切り枝を圃場から採取し、下位葉に供試薬剤を噴霧し、人工気象器で 2 日間培養後に上位葉と下位葉にチャ輪斑病菌を接種した。接種 2 週間後に蒸留水処理の場合と病斑拡大の程度を比較して病害抵抗性誘導効果を調査した。その結果、全供試薬剤の処理葉と上位葉の両方でチャ輪斑病の病斑拡大抑制が観察され、全身的な病害抵抗性誘導が確認された（図-1）。

サリチル酸とジャスモン酸はそれぞれ誘導する病害抵

抗性の性質が異なることが明らかにされているが（光原ら，2004），興味深いことに、今回の試験ではサリチル酸とプロヒドロジャスモンに同程度の病斑拡大抑制効果が認められた。また、タバコに処理した場合に誘導する PR タンパク質の種類が異なるサリチル酸とパン酵母抽出物にも同程度の病斑拡大抑制効果が認められた。チャ葉にサリチル酸もしくはジャスモン酸メチルを処理すると傷害応答や病害抵抗性に関与するフェニルアラニンアンモニリアーゼ（PAL）の活性増高が認められる（吉田ら，2000）。したがって、供試薬剤の作用機作が異なっているとしても、チャでは PAL 活性化など、ある程度共通した病害抵抗性が誘導されるため、全供試薬剤で輪斑病の病斑拡大が抑制されたと推定されるが、その詳細については今後の検討が必要である。

III プラントアクティベーターによる持続的なチャ病害抵抗性の誘導

前章までに述べたように、チャのプラントアクティベーター利用場面では、新芽生育期から摘採期までの持続的な病害防除効果が必要とされる。そこで、プラントアクティベーターによる病害抵抗性誘導の圃場における持続効果を調査するため、圃場の‘やぶきた’一番茶徒長枝の硬化葉に室内試験により病斑抑制効果が認められた薬剤 4 種類をそれぞれ噴霧した。その後、経時的に茶葉を採取してチャ輪斑病抵抗性検定法（築瀬ら，1987）およびチャ炭疽病抵抗性検定法（吉田・武田，2002）に準じ

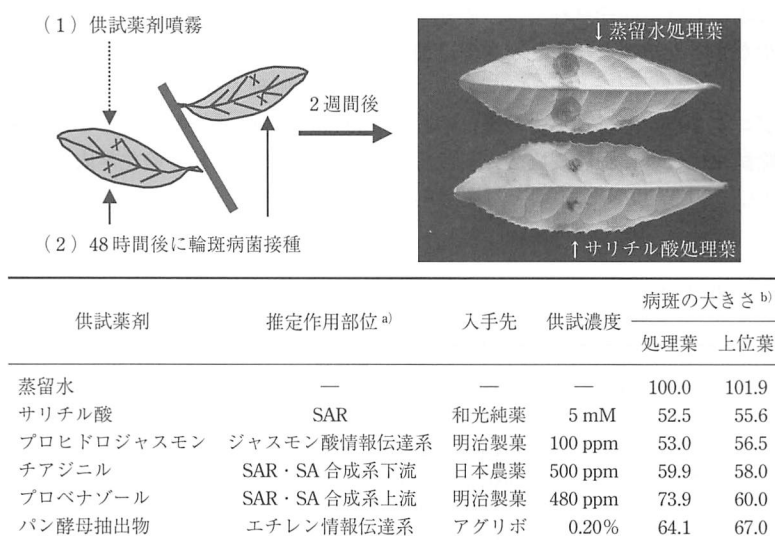


図-1 プラントアクティベーターによるチャの全身の病害抵抗性誘導

^{a)} SAR：全身獲得抵抗性，SA：サリチル酸．^{b)} 蒸留水処理葉の病斑の大きさを 100 とした相対値。

た接種試験を行い、人工気象器で 14 日間培養して水処理区との病斑拡大の差異を比較した。その結果、処理 5 日後の茶葉に接種した場合、すべての薬剤処理葉で輪斑病および炭疽病の病斑拡大抑制効果が認められ、その効果は処理 30 日後に接種した場合も確認された（表-1；吉田，2005；吉田ら，2006）。薬剤処理葉で形成された病斑は抵抗性病斑であり、分生子形成は認められなかった。一方、圃場のチャ新芽二葉期にプラントアクティベーターを葉面散布し、その新芽が完全に硬化して成葉となった処理 42 日後に輪斑病菌を接種した場合も、チアジニルとパン酵母抽出物に病斑拡大の抑制効果が認められた（吉田ら，2006）。したがって、プラントアクティベーターにより誘導される病害抵抗性は圃場で 40 日程度持続することが確認された。

IV 茶園におけるプラントアクティベーターの病害防除効果、チャ新芽生育およびチャ化学成分含有量に及ぼす影響

1 炭疽病と輪斑病に対する病害防除効果

圃場の‘やぶきた’三番茶の萌芽期に図-1 に示した供試薬剤を 1 回散布し、新芽の摘採時期に遊離アミノ酸類、タンニンおよびカフェインの含有量および新芽生育に及ぼす影響を調査したところ、サリチル酸、プロヒドロジャスモンおよびプロベナゾール処理区において、緑茶の滋味に影響する遊離アミノ酸含有量の減少とタンニン量の増加および新芽収量の減少が認められ（吉田・荻野，2006）、緑茶生産や品質に悪影響を及ぼす可能性が示された。そこで、圃場における防除試験では、成分・生育に及ぼす影響の少なかったチアジニルとパン酵母抽出物を供試した。

茶園におけるチアジニルとパン酵母抽出物の炭疽病および輪斑病の病害防除試験は日本植物防疫協会の茶殺菌剤試験法に準じて行い、700 倍 TPN 水和剤を対照薬剤

とした。炭疽病防除試験では、圃場の‘やぶきた’の一葉期から二葉期にかけて、薬剤散布、病原菌接種、薬剤散布を 1 週間の間に行った。また、輪斑病防除試験では、摘採直後の摘採面に接種後、同日中に薬剤散布を行った。薬剤散布量は 200 l/10 a とし、いずれも接種 3 週間後に発病葉数を調査し、対照区と無処理区と比較して防除価を算出した。チアジニルおよびパン酵母抽出物の防除価は炭疽病では 55 前後、輪斑病では 65 前後であり、TPN 水和剤より劣っているものの発病抑制効果が認められた（表-2；吉田ら，2006）。次に、‘やぶきた’三番茶の一葉期に、チアジニル、パン酵母抽出物および TPN 水和剤を散布し、接種を行わず炭疽病自然発病条件下における炭疽病防除効果を調査した。この試験を実施したときは薬剤散布の約 6 時間後から降雨が断続的に 1 週間持続した。発病調査の結果、TPN 水和剤の炭疽病防除価は 66 と従来に比較すると低下が認められたが、チアジニルとパン酵母抽出物の防除価はそれぞれ 66 と 55 であり、TPN 水和剤と同等で、従来と差異はなかった（吉田ら，2006）。これは、断続的な降雨により TPN 水和剤の防除効果が低下したにもかかわらず、チアジニルとパン酵母抽出物による病害抵抗性の誘導は、降雨条件下でも従来どおりに発揮されたためと考えられる。したがって、チャにおけるプラントアクティベーターの防除価はおおむね 60 前後であり、ほかの植物の場合に比較すると、やや防除価が低い傾向が認められた。

2 炭疽病の自然発病、チャの収量および化学成分含有量に及ぼす影響

チアジニルとパン酵母抽出物が収量やチャ化学成分含有量に及ぼす影響を調査するため、‘やぶきた’二番茶期に薬剤処理を 1 回ないし 2 回行い、二番茶摘採期に 30 cm × 30 cm 枠内の新芽をはさみ摘みして収量を調査するとともに、新芽の化学成分を近赤外分光分析計および HPLC で分析を行い、さらに、枠摘み 5 日後の各試

表-1 ‘やぶきた’一番茶硬化葉へのプラントアクティベーター処理によるチャ輪斑病およびチャ炭疽病の病斑拡大抑制効果

処理薬剤	濃度	輪斑病			炭疽病		
		5 日 ^{a)}	10 日	30 日	5 日	10 日	30 日
プロヒドロジャスモン	100 ppm	43.6 ^{b)}	49.9	60.8	19.9	33.4	46.6
チアジニル	300 ppm	5.6	13.6	32.8	25.7	31.5	35.3
プロベナゾール	240 ppm	36.2	22.8	38.6	35.6	37.0	36.7
パン酵母抽出物	0.1%	10.8	15.0	46.1	17.8	30.1	53.3

吉田ら（2006）より改変。^{a)} 薬剤処理 5, 10, 30 日後に付傷接種を行い、接種 2 週間後に病斑の大きさを調査した。^{b)} 表中の数値は、蒸留水処理区の病斑長径を 100 とした場合の相対値を示す。

験区の炭疽病発病葉数を調査した。炭疽病発病葉数は無処理の場合に比較して、チアジニルとパン酵母抽出物ともに有意に抑制されたが、散布回数が1回と2回の場合で抑制効果に差異はなかった（表-3；吉田ら，2007）。一方、新芽の収量の平均値は対照区よりやや増えており、生育阻害効果は認められず、化学成分含有量も対照区とプラントアクティベーター処理区で著しい変化は認められなかった（表-3；吉田ら，2007）。プラントアクティベーターを植物に処理すると、往々にして葉害が生じることが知られている（石井，2003）。今回の試験では、チアジニルやパン酵母抽出物はチャ炭疽病の発病抑制効果がある濃度において、チャ新芽の収量・化学成分含有量に影響を与えないことが確認された。

3 チアジニルとパン酵母抽出物の抗菌性

ジャガイモ蔗糖寒天培地にチアジニルもしくはパン酵母抽出物を添加し、チャ炭疽病およびチャ輪斑病の菌叢生育に及ぼす影響を調査したところ、パン酵母抽出物0.2%では両病原菌の菌叢生育に対する阻害効果は全く認められず、チアジニル500 ppm添加培地では輪斑病菌の菌糸生育は40%程度に抑制されるものの、培地上で分生子形成が確認され、抗菌性は弱いことが確認された。これらの結果から、チアジニルとパン酵母抽出物に

よるチャ病害抑制効果は病害抵抗性の誘導に起因することが確認された。

おわりに

チャの病害研究は、防除効果の高い化学合成殺菌剤が開発されていることもあり、「病害に弱い‘やぶきた’でも殺菌剤を散布すれば問題ない」という視点から長らく脱することができなかった。そのため、病原菌の生態・伝染環の解明と要防除水準の策定、殺菌剤の選抜や散布適期の解明が重要視されたが、薬剤防除に過度に依存した防除体系になったため、薬剤耐性菌の出現や農薬費の出費増加を招き、農家に負担を強いる結果となった。近年、環境保全型チャ栽培が重視され、生物防除資材の探索や病害抵抗性機構の解析および病害抵抗性品種の育成が積極的に行われるようになり、プラントアクティベーターを用いたチャの病害防除技術の開発もこの新たな潮流に乗って研究が始められた。

チャ葉にあらかじめプラントアクティベーターを処理して、炭疽病菌や輪斑病菌を接種すると、室内接種試験では病斑拡大の抑制が、圃場試験では発病抑制効果が確認された。供試した薬剤には抗菌性が認められないこと、薬剤処理葉の上位葉にも処理葉と同様の病害抵抗性が誘導されることから、チャにおける炭疽病や輪斑病の発病抑制は、プラントアクティベーターによる病害抵抗性誘導によるものと考えられる。また、化学合成されたチアジニルとほぼ同等の病害防除効果がパン酵母抽出物で確認された。パン酵母抽出物をタバコに処理すると、エチレン生成や塩基性PRタンパク質が誘導されることから（小原ら，2007）、パン酵母抽出物は既存のプラントアクティベーターで誘導される全身獲得抵抗性（systemic acquired resistance：SAR，岩田，2004；光原ら，

表-2 圃場の‘やぶきた’におけるプラントアクティベーターのチャ炭疽病とチャ輪斑病の発病抑制

供試薬剤	濃度	炭疽病	輪斑病
チアジニル	500 ppm	57.9 ^{a)}	69.8
パン酵母抽出物	0.2%	55.6	64.7
TPN 水和剤	571 ppm	80.4	90.2

吉田ら（2006）より改変。 ^{a)} 試験は三番茶期に実施し、表中の数値は防除値を示す。防除値＝100－（処理区の発病葉数/水処理区の発病葉数）×100。

表-3 ‘やぶきた’二番茶新芽へのプラントアクティベーター処理が炭疽病発病、生葉収量および化学成分含有量に及ぼす影響

試験区	散布日 ^{a)}	炭疽病 ^{b)} 発病葉数 (枚/m ²)	収量 ^{c)} (g/m ²)	化学成分含有量（乾燥重%） ^{d)}					
				全窒素	遊離 アミノ酸	テアニン	NDF	タンニン	カフェイン
対照区	—	1,071	326.6	3.6	0.86	0.43	27.1	14.5	1.5
チアジニル 300 ppm	5/15	468	335.5	3.6	0.75	0.37	27.2	14.6	1.5
チアジニル 300 ppm	5/15, 5/21	370	346.6	3.5	0.79	0.39	27.0	15.2	1.4
パン酵母抽出物 0.2%	5/15	402	360.0	3.6	0.75	0.36	26.9	14.8	1.5
パン酵母抽出物 0.2%	5/15, 5/21	464	361.1	3.5	0.86	0.43	27.4	14.3	1.4

吉田ら（2007）より改変。 ^{a)} 5/15は‘やぶきた’の萌芽期、5/21は一葉期の新芽生育に相当する。 ^{b)} 炭疽病発病葉数は6/14に調査し、3試験区の平均値を示す。 ^{c)} 収量は6/9に30 cm 枠による枠摘み調査を行った。数値は3試験区の平均値を示す。 ^{d)} 6/9に新芽を採取し、化学成分含有量を測定した。数値は3試験区の平均値を示す。

2004)とは作用機作の異なる, ジヤスモン酸やエチレンにより誘導される誘導全身抵抗性(induced systemic resistance: ISR, 岩田, 2004; 光原ら, 2004), もしくは傷害誘導性全身抵抗性(wound-induced systemic resistance: WSR, 光原ら, 2004)を誘導すると考えられる。今後, 作用機作の異なるプラントアクティベーターを処理したチャ葉のタンパク質・遺伝子発現の比較により, チャの生体防御機構における SAR と ISR/WSR のマーカー遺伝子や, チャの病害抵抗性発現機構に関する情報の蓄積が期待される。また, 新芽生育期のプラントアクティベーター処理によるチャ炭疽病とチャ輪斑病の同時防除試験に現在取り組んでおり, 処理時期と防除効果についての知見が蓄積されつつある。

さらに, 新たな知見として, プラントアクティベーター処理チャ葉がハダニの食害を受けると, 無処理葉に比較してケナガカブリダニ(天敵)誘引物質の生産量が著しく増加することが明らかにされた(前田ら, 2006)。したがって, 今後の研究により, 病害のみならず虫害にも有効なチャの植物免疫を最大限に活用する防除資材の開発も可能であろう。しかしながら, 現時点では炭疽病および輪斑病に対するプラントアクティベーターの防除価は対照薬剤として用いた TPN 水和剤に劣る事例が多く, またチアジニルおよびパン酵母抽出物はチャにおける農薬登録が行われていないため, プラントアクティベーターを主軸とした病害防除体系を構築するのは時期尚早である。今後の実用化には, さらなる散布時期の検討, 資材改良による防除効果の向上と農薬登録が必要で

あろう。

チャにおけるプラントアクティベーター研究はまだ始まったばかりであり, 多くの課題が残されているが, 環境負荷低減型のチャ病害防除技術の確立を目指して, 今後も研究を進めていきたい。

謝辞 本研究を行うに当たり, 供試薬剤をご高配賜った(株)アグリボ, 明治製菓(株)ならびに日本農薬(株)に御礼申し上げる。また, 本研究は農林水産省プロジェクト「生物機能を活用した環境負荷低減技術の開発」の一環として予算配分を受けて行われた。

引用文献

- 1) 浜屋悦次 (1982): 茶技研 63: 33 ~ 37.
- 2) 堀川知廣 (1984): 植物防疫 38: 275 ~ 279.
- 3) 石井英夫 (2002): 農業及び園芸 77: 29 ~ 35.
- 4) 岩田道顕 (2004): 分子レベルからみた植物の耐病性, 島本 功ら編, 秀潤社, 東京, p. 150 ~ 154.
- 5) KESSMANN, H. et al. (1994): Ann. Rev. Phytopathol. 32: 439 ~ 459.
- 6) 腰山雅巳ら (2006): 植物の生育調節 41: 24 ~ 33.
- 7) 前田太郎ら (2006): 応動昆第 50 回大会講演要旨集: 55.
- 8) 光原一郎ら (2004): 分子レベルからみた植物の耐病性, 島本 功ら編, 秀潤社, 東京, p. 126 ~ 135.
- 9) 小原直美ら (2007): 日植病報 73: 94 ~ 101.
- 10) 富田啓文 (2003): 植物防疫 58: 33 ~ 37.
- 11) 築瀬好充ら (1987): 野茶試報告 B (金谷) 1: 1 ~ 9.
- 12) 吉田克志ら (2000): 日作東海支部報 130: 13 ~ 16.
- 13) ———・武田善行 (2002): 野茶研報 3: 137 ~ 146.
- 14) ——— (2005): 日植病報 71: 255 (講要).
- 15) ———ら (2006): 茶研報 102(別): 82 ~ 83.
- 16) ———・荻野暁子 (2006): 同上 102(別): 84 ~ 85.
- 17) ——— (2007): 日作記事 76(別 1): 150 ~ 151.
- 18) ———ら (2007): 平成 18 年度野菜茶業研究成果情報 (印刷中).

新しく登録された農薬 (19.8.1 ~ 8.31)

掲載は, **種類名**, 登録番号: **商品名** (製造者又は輸入者) 登録年月日, 有効成分: 含有量, **対象作物**: 対象病害虫: 使用時期等。ただし, 除草剤・植物成長調整剤については, **適用作物**, 適用雑草等を記載。(登録番号: 21990 ~ 22002) 下線付きは新規成分。

「殺虫剤」

●エチプロール・チアクロプリド水和剤

21994: キラップバリアードフロアブル (バイエルクロップサイエンス) 07/08/01

21995: ホクコーキラップバリアードフロアブル (北興化学工業) 07/08/01

エチプロール: 10.0%, チアクロプリド: 25.0%

茶: チャノミドリヒメヨコバイ, チャノキイロアザミウマ: 摘採 7 日前まで

●イミダクロプリド・エトキサゾール水和剤

21999: 花のもり (ヤシマ産業) 07/08/15

イミダクロプリド: 0.0050%, エトキサゾール: 0.0050%

ばら: ハダニ類, アブラムシ類: 発生初期

きく: アブラムシ類, ミナミキイロアザミウマ, ハダニ類: 発生初期

●燐酸第二鉄粒剤

22000: ナメクジキラー F エース (タニサケ) 07/08/15

22001: ナメトール (ハイボネックス ジャパン) 07/08/15

22002: 三共ナメクジ退治 (三共緑化) 07/08/15

燐酸第二鉄水和物: 0.98%

ナメクジ類, カタツムリ類が害する農作物等 (温室, ハウス, 圃場, 花壇): ナメクジ類, カタツムリ類: 発生時

(22 ページに続く)