

# 水稲湛水直播栽培におけるスクミリンゴガイ防除への石灰窒素利用

松島 憲一

信州大学大学院農学研究科 機能性食料開発学専攻

**要約** 暖地の水稲直播栽培において水稲苗の食害が増えているスクミリンゴガイ対策として、水稲湛水直播時の出芽時落水管理、ロータリー耕うんによる殺菌法、石灰窒素の散布などが有効であると報告されている。これら防除法の中で石灰窒素の散布は殺菌能力が優れるものの水稲苗に対する葉害もみられることから、実際には利用されることは少ない。このため、水稲湛水直播栽培における石灰窒素の葉害回避法についても研究が進められている。これらによると、湛水直播栽培時に石灰窒素を散布しスクミリンゴガイ防除を行う場合、酸素発生剤の被覆を行うこと、石灰窒素散布後播種前に代かきを行うことの2点を厳守することにより、水稲苗への出芽障害が回避できると報告されている。また、スクミリンゴガイ防除と葉害回避および水稲の生育を考えると、窒素量換算で4 g/m<sup>2</sup>の散布量が適量であると報告されている。今後、石灰窒素によるスクミリンゴガイ防除体系を取り入れた湛水直播栽培技術を確立するためには、必要な追肥量などの適正な施肥体系を明らかにする必要がある。

**キーワード**：酸素発生剤、代かき、水稲湛水直播、スクミリンゴガイ、石灰窒素

## 1. 水稲湛水直播栽培を巡る情勢

近年の米の関税化措置や米価の低迷に対応して、稲作の低コスト化が求められており、さらに、農業就業者の高齢化対策として省力化も同時に求められている。水稲の直播栽培は、育苗の手間が省け、また、移植時の苗箱の運搬の必要がないため軽労化の進んだ栽培方法であり、これら前述の課題に対応し得る栽培法といえる。また、播種作業期が従来の移植作業期とずれるため、両者の組み合わせにより水稲作業の期間集中を避け、作業分散が可能となる。また、茶・果樹・野菜などとの複合的な営農の場合、地域によっては作業期が水稲の移植作業と重なることもあることから、直播栽培の導入による作業分散が経営上・作業上有効となる。

しかしながら、従来の直播栽培では、出芽・苗立ちが悪いことや、倒伏に弱いなどの栽培上の問題点、さらに、これらにともなう収量性の低下が大きな課題とされており、直播栽培面積拡大の妨げとなっている。このうち、出芽苗立ちについては過酸化石灰を含む酸素発生剤の水稲種子粉衣・被覆（太田・中山1970<sup>1)</sup>、1971<sup>2)</sup>）が有効とされ、実際に商品化

（カルパー粉粒剤<sup>16)</sup>）され普及が進んでいる。また、播種後に落水して出芽させる落水出芽法（大場1997<sup>3)</sup>）により播種後土壌を酸化状態にし、出芽・苗立ちを改善する方法も一般化されてきている。また、耐倒伏性向上については、転び型倒伏が発生しやすい従来の表面散播ではなく土壌中播種による栽培が有効とされている。特に九州農業試験場（現九州沖縄農業研究センター）が開発した「打込み式代かき同時土中点播機」（下坪・富樫1996a<sup>4)</sup>）による播種法は、代かき直後の土壌中に水稲種子を点播状に打ち込む方式であり、これにより栽培された水稲は倒伏に強く（下坪・富樫1996b<sup>5)</sup>、尾形・松江1998<sup>6)</sup>、吉永2001a<sup>7)</sup>、2001b<sup>8)</sup>）、今後の普及が期待されている。また、高出芽性と耐倒伏性が付与された直播適応品種の開発も進められているところであり、今後、これらの育成系統の品種化、普及が期待される場所である。しかし、現状では、直播適性が低いものにも関わらず既存の良食味品種が広く直播栽培に用いられており、直播適性品種が育成された場合に、その普及が課題となると考えられる。

このような湛水直播を巡る情勢の中、九州を初めとした温暖な地域では、スクミリンゴガイ（*Pomacea canaliculata* (LAMARCK)）の被害が多く見られ、特に湛水直播水稲の場合、出芽直後の軟弱な幼芽が食害されやすいので、これら地域の湛

受理日 11月18日

採択日 11月20日

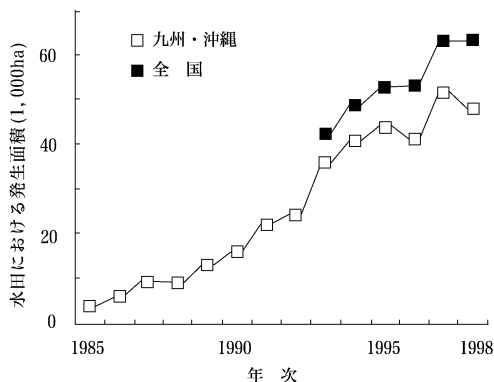


図1. スクミリングガイの水田における発生面積の推移 (和田2000より)

□九州・沖縄 ■全国

水直播栽培導入の障壁となっている。

## 2. 移植水稲栽培における石灰窒素によるスクミリングガイ対策

スクミリングガイの被害は暖地で多く見られ、我が国の被害面積は1985年には51haであったが、1995年には4602haと拡大し、今後も増加するものと見込まれている (図1. 和田2000<sup>9)</sup>)。

スクミリングガイの防除法の一つとして石灰窒素の散布が有効であり (宮原ら1987<sup>10)</sup>)、移植水稲栽培における石灰窒素の施用法・効果についてはこれまでに多くの報告がある (牧野・小澤1987<sup>11)</sup>, 平井1987<sup>12)</sup>, 林ら1988<sup>13)</sup>, 小澤・牧野1989<sup>14)</sup>, 恒吉1989<sup>15)</sup>, 矢野ら1990<sup>16)</sup>, 山下1993<sup>17)</sup>, 菖蒲1996<sup>18)</sup>, 平ら1997<sup>19)</sup>, 毛利1997<sup>20)</sup>, 廣瀬ら1999<sup>21)</sup>, 和田1997<sup>22)</sup>, 2000<sup>9)</sup>)。しかしながら、石灰窒素は、その主成分であるカルシウムシアナミドによりスクミリングガイ防除に効果があるものの、水稲苗に対しても薬害を与えることから、その薬害回避のために移植栽培において石灰窒素散布後から移植までに約10日間をおくことが必要とされている (菖蒲1996<sup>18)</sup>, 和田1997<sup>22)</sup>)。したがって、北部九州の稲麦二毛作地帯などの通常でも移植時期が比較的遅れがちな地域では実用的ではない。

また、水稲収穫後に湛水し、石灰窒素を施用して越冬前の貝を減少させ、翌年の被害を軽減させる方法 (牧野・小澤1987<sup>11)</sup>, 山下 1993<sup>17)</sup>, 菖蒲1996<sup>18)</sup>, 平ら1997<sup>13)</sup>, 毛利1997<sup>20)</sup>)も報告されている。しかし、これについても越冬貝による害は低減できるものの、翌年の入水時に水路等から流入してくる貝については別の防除法が必要となる。

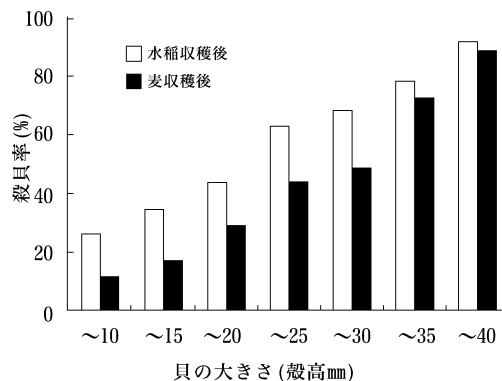


図2. 耕うんによる殺貝効果 (高橋ら2000より改変)

□水稲収穫後 ■麦収穫後

いずれにせよ、薬害への警戒心からも、実際の農家がスクミリングガイ防除に石灰窒素を使用することは少ないのが現状である。

## 3. 直播水稲栽培におけるスクミリングガイ対策

湛水直播栽培では出芽直後の軟弱な幼芽が本田に存在することになり、移植栽培よりもスクミリングガイによる食害を受けやすいことから、効果的な防除法の開発が求められている。

前述の水稲湛水直播栽培における播種後落水管理は安定した出芽・苗立ち確保のために行われているが (大場1997<sup>3)</sup>)、湛水状態でない活動できないスクミリングガイの食害回避にも有効とされており、さらに効果的な水管理方法として播種後2~3週間の落水期間が有効であるとの報告もされている (福島ら1998<sup>23)</sup>, 和田ら1999<sup>24)</sup>, 和田2000<sup>9)</sup>, Wada et al. 1999<sup>25)</sup>)。しかしながら、田面の高低、播種後の降雨などにより本田において完全な落水管理は難しいことや、雑草防除の観点からは播種後1週間から10日程度で再入水し除草剤を散布する必要があり、漏水防止の観点からも長期の落水は適当ではないことから、落水処理のみによるスクミリングガイの食害回避は充分ではない。

また、ロータリー耕うんにより殺貝する方法 (高橋ら1999<sup>26)</sup>, 2000<sup>27)</sup>, 2001<sup>28)</sup>, 2002<sup>29)</sup>, 2002a<sup>30)</sup>, b<sup>31)</sup>)は効果的な防除法であり、薬剤散布と違って降雨時でも防除できることや環境に優しい手法であるとともに、既存の耕うん作業と兼ねることもできるため安価な方法である。しかし、小さな貝については殺貝能力が劣るとされているため (図2), 別の防除法との組み合わせが必要となってくる。この

表1. 石灰窒素を散布した土壌中のシアナミド濃度の推移 (ppm)

	散布後日数 (日)			
	6	8	10	12
麦稈施用区 (600kg/10a)	60	40	22	5
麦稈無施用区	27	25	13	3

石灰窒素散布量は30kg/10a (窒素量換算で6 g/m<sup>2</sup>)、散布後各日数静置した後に代かきをし、その1時間後の濃度を測定。佐賀県農業試験研究センター平成8年度試験研究成績概要集作物編を元に作成

他の湛水直播栽培における防除法の報告としてメタアルデヒド剤を用いた方法でのその散布時期に関するもの(鶴町ら1997<sup>32)</sup>)などがみられるものの、報告例は少なく、湛水直播栽培におけるスクミリングガイ防除技術は確立されていないのが現状である。

一方、佐賀県農試の報告によると、石灰窒素の散布は湛水直播水稲栽培の場合でも葉害が見られるため、移植栽培と同様に石灰窒素散布後、一定期間をあけてから播種する必要があるとしている。10aあたり30kg (窒素量換算で6 g/m<sup>2</sup>) の石灰窒素を散布した場合、土壌溶液中のシアナミド濃度が播種に安全な20~30ppmまで低減される期間が麦稈無施用時で8日間(25ppm)、麦稈施用時で10日間(22ppm)要することから(表1)、それぞれの条件下で、これらと同等程度の期間をあけてから播種する必要があるとしている(注:平成8年度試験研究成績概要集作物編。佐賀県農業試験研究センター)。いずれにせよ、石灰窒素によるスクミリングガイ防除法を確立するためには葉害回避法の開発が必要不可欠といえる。

#### 4. 石灰窒素の水稲種子への葉害とその回避法

筆者らはスクミリングガイ防除に石灰窒素を利用する際の最も大きな問題点である葉害の回避法について検討してきた(松島ら2000b<sup>33)</sup>, 2002<sup>34)</sup>, 2003<sup>35)</sup>)。この中で、石灰窒素溶液中で酸素発生剤被覆および無被覆の水稲種子を用いた発芽試験、同様種子を用いた石灰窒素散布土壌での発芽試験、さらに、酸素発生剤を混入した石灰窒素溶液中の石灰窒素の主成分であり殺菌の有効成分であるとともに葉害の原因となるカルシウムシアナミドの溶液中の濃度を測定することにより、酸素発生剤の種子被覆と石灰窒素の関係を調査した。また、石灰窒素散布土壌による水稲種子の発芽試験を実施するとともに土壌溶液中のカルシウムシアナミドの濃度測定を行うことにより、散布後播種前土壌の代かきが水稲の

出芽に及ぼす影響を調べた。

これら研究の結果、湛水直播栽培において、石灰窒素による出芽障害を回避し得る2つの要因が明らかになった。

第一に、発芽試験・出芽試験のいずれにおいても被覆種子の場合は石灰窒素による出芽障害がみられないか、みられても無被覆種子に比べて低減されていた(図3, 図4, 松島ら2000b<sup>33)</sup>, 2002<sup>34)</sup>, 2003<sup>35)</sup>)。例えば石灰窒素散布土壌に水稲種子を播種した場合、酸素発生剤被覆種子は石灰窒素散布量にかかわらず出芽率が高く、出芽日数が短かった。これに対し、無被覆種子の場合は石灰窒素散布量がある程度多くなると出芽率が低下し、出芽日数は石灰窒素散布量が多くなるに従い長くなっていく傾向にあった(図3, 図4)。さらに、酸素発生剤を石灰窒素溶液と混合した溶液中では石灰窒素の主成分であるカルシウムシアナミドが分解することも判明した(図5, 松島ら2003<sup>35)</sup>)。これらのことから、まず、酸素発生剤の被覆により直接的に石灰窒素溶液が種子に触れないという物理的な効果が被覆種子における出芽障害回避に寄与し、さらに種子に被覆された酸素発生剤の層を石灰窒素が浸透していく過程でカルシウムシアナミドが分解され種子に到達する時点では無害化されていることが推察された。

カルシウムシアナミドはアルカリ条件下で不安定となる(McAdam and Schafer 1951<sup>36)</sup>)ことが知られており、アルカリ性を呈する酸素発生剤はカルシウムシアナミドの分解を進めると考えられる。また、酸素発生剤は過酸化カルシウムと鉱物質微粉および細粒からなる粉粒剤であることから、土壌粒子との接触により分解される石灰窒素が(奥田1961<sup>37)</sup>)、これら酸素発生剤の構成成分との接触により土壌の場合と同じように分解するものと推察された。

第二に、石灰窒素散布後に代かきを行わない土壌に播種した場合に出芽障害がみられたのに対し、代かきをした土壌では良好な出芽がみられ、無散布の

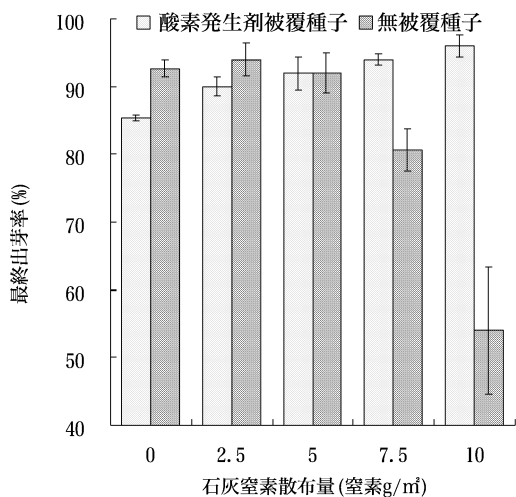


図3. 石灰窒素散布量と最終出芽率（ポット試験，落水条件，播種後14日）との関係  
垂直線は標準誤差（松島ら2002）

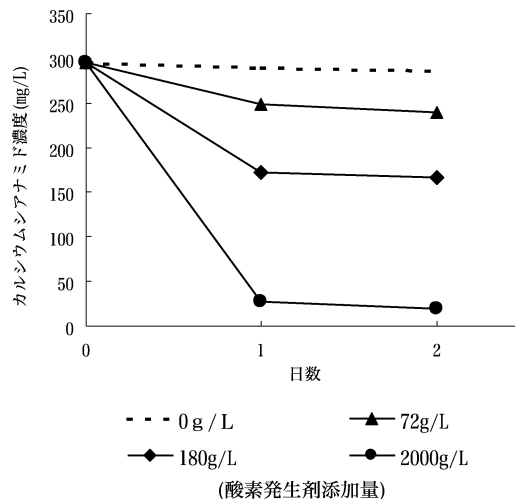


図5. 酸素発生剤を添加した石灰窒素溶液中のカルシウムシアナミド濃度の変化  
(松島ら2003一部改変)

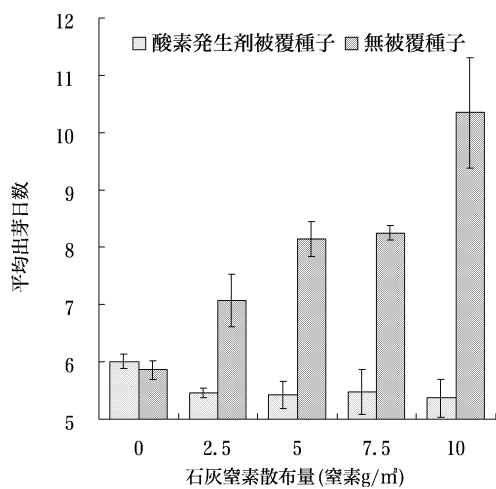


図4. 石灰窒素散布量と平均出芽日数（ポット試験，落水条件，播種後14日）との関係  
垂直線は標準誤差（松島ら2002）

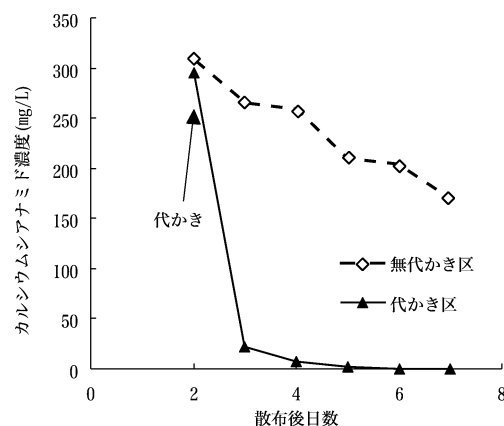


図6. 石灰窒素散布後の代かきカルシウムシアナミド濃度及びその影響  
(松島ら2003)

場合と同等であった（表2，松島ら2003<sup>35</sup>）。また，散布後に代かきをした土壌の表面水ではカルシウムシアナミド濃度が急激に低下することも判明した（図6，松島ら2003<sup>35</sup>）。カルシウムシアナミドは土壌との接触作用により分解することが知られており（奥田1961<sup>37</sup>），石灰窒素散布土壌であっても播種前に代かきを実施することにより，播種された種子の出芽障害を回避しうることが明らかになった。

以上のように，実際の湛水直播栽培において石灰窒素によるスクミリングガイ防除を行う場合，酸素発生剤を被覆した種子を用い，播種前に代かきを行うことが薬害回避のために必要であると考えられる。

ただし，この場合，播種前の代かきにより石灰窒素は無害化されることによりスクミリングガイへの防除効果もなくなるため，その後の入水時には水路等外部からのスクミリングガイの侵入には十分注意する必要がある。

これまでの報告によれば，実際の圃場条件で石灰窒素の散布によるスクミリングガイの防除効果を得るためには窒素量に換算して概ね4 g/m<sup>2</sup>程度以上の散布量が必要とされている（表3，宮原ら1987<sup>10</sup>，牧野・小澤1987<sup>11</sup>，矢野ら1990<sup>16</sup>，和田1997<sup>22</sup>）。実際の圃場における出芽試験によると，石灰窒素散布後播種前の代かきと酸素発生剤の種子被覆を厳守

表2. 石灰窒素散布土壌の播種前の代かきが水稲種子の最終出芽率に及ぼす影響 (松島ら2003)

種子被覆の有無	代かきの有無	最終出芽率 (%)		
		N0g/m <sup>2</sup>	N5g/m <sup>2</sup>	N10g/m <sup>2</sup>
被覆	無代かき区	95.3	70.7	22.7
	代かき区	—	92.0	94.7
無被覆	無代かき区	86.0	50.0	0.0
	代かき区	—	83.3	56.0
LSD 5%	種子被覆の有無 (A)	9.8	10.2	14.4
LSD 5%	代かきの有無 (B)	—	10.2	14.4
	A × B	—	*	*

播種後15日, \*: 5%水準で有意

表3. 石灰窒素施用によるスクミリングガイ防除効果

10a あたり施用量	スクミリングガイ死亡率 (%)	
	水持良好田 立毛・入水後	休耕田 代かき後
10kg (N2g/m <sup>2</sup> )	65.1	60.4
20kg (N4g/m <sup>2</sup> )	89.6	100.0
40kg (N8g/m <sup>2</sup> )	100.0	100.0
無施用	15.0	5.3

牧野・小澤1987を元に作成

することにより窒素量換算で4 g/m<sup>2</sup>程度の石灰窒素散布量であっても薬害が回避できることが確認されている(松島ら2003<sup>35</sup>)。一方、湛水直播栽培においては、その初期成育が旺盛であるため基肥を多くすると過繁茂になりやすく、基肥はなるべく減らして、後期重点施肥を行うか緩効性肥料を利用するなどの施肥体系が必要とされており(姫田1995<sup>38</sup>, 西田2000<sup>39</sup>, 脇本2000<sup>40</sup>, 吉永2002<sup>41</sup>)、暖地においての点播直播栽培で速効性肥料を窒素量換算で10 aあたり9 kg分施する場合、基肥は窒素量換算で3 kgが目安とされている(注: 打ち込み式代かき同時土中点播(ショットガン)直播栽培技術マニュアル。九州沖縄農業研究センター)。ただし、石灰窒素の場合は一般の速効性肥料より緩やかに肥効が現れることから若干の増量も可能であると考えられる。これらを総合すると、酸素発生剤被覆種子を用いた湛水直播栽培の場合、出芽障害を受けずに、スクミリングガイを防除するためには、窒素量換算で概ね4 g/m<sup>2</sup>程度の石灰窒素の散布が適当といえる。

## 5. 石灰窒素利用の際の注意点および今後の展開

以上に述べたように、湛水直播栽培において薬害を回避しつつ石灰窒素をスクミリングガイ防除に用いるための技術的基礎は明らかになったといえるが、いくつかの注意すべき点もある。

例えば、筆者らの研究により、麦稈と石灰窒素を同時に施用した場合、比較的障害が出やすいことも判明しているため(松島ら2002<sup>34</sup>)、麦稈等有機物との同時施用を行う場合は注意が必要である。

また、石灰窒素は土壌との接触で容易に分解することから、石灰窒素散布後防除効果が現れるまでの48時間程度の間、土壌が攪拌されるなどして水田表面水が濁ることがないように湛水状態を維持する必要がある。よって、漏水田では防除効果が低くなるので注意する必要がある。

石灰窒素は土壌との接触等による分解後は尿素となるため(奥田1961<sup>37</sup>)、殺菌剤であると同時に基肥としての効果もある。このため、石灰窒素によるスクミリングガイ防除体系を取り入れた湛水直播栽培技術を確立するためには、圃場栽培試験により、必要な追肥量などの適正な施肥体系を明らかにする必要がある。

## 引用文献

- 1) 太田保夫・中山正義：湛水条件における水稲種子の発芽におよぼす過酸化石灰粉衣処理の影響。日作紀 39, 535-536, 1970.
- 2) 太田保夫・中山正義：酸素供給資材としての過酸化カルシウムの農業上の利用。農及園 46, 306-310, 1971.

- 3) 大場茂明：落水出芽法の由来. 農業技術 52, 33-34, 1997.
- 4) 下坪訓次・富樫辰志：水稻の代かき同時土中直播栽培に関する研究. 1. 点播直播について. 日作紀 65 (別1), 12-13, 1996a.
- 5) 下坪訓次・富樫辰志：水稻の代かき同時土中直播栽培に関する研究. 2. 点播水稻と条播水稻の押倒し抵抗の比較. 日作紀 65 (別1), 14-15, 1996b.
- 6) 尾形武文・松江勇次：北部九州における水稻湛水直播栽培に関する研究—苗立ち密度ならびに播種密度が水稻の生育, 収量および米の食味に及ぼす影響—. 日作紀 67, 485-491, 1998.
- 7) 吉永悟志・脇本賢三・田坂幸平・松島憲一・富樫辰志・下坪訓次：打込み式代かき同時土中点播栽培による湛水直播水稻の耐倒伏性向上—播種様式および苗立ち密度が耐倒伏性に及ぼす影響—. 日作紀 70, 186-193, 2001a.
- 8) 吉永悟志・脇本賢三・田坂幸平・松島憲一・富樫辰志・下坪訓次：打込み式代かき同時土中点播栽培による湛水直播水稻の耐倒伏性向上—耐倒伏性向上および安定化のための点播形状—. 日作紀 70, 541-547, 2001b.
- 9) 和田節：スクミリンゴガイ. 農及園 75, 215-220, 2000.
- 10) 宮原義雄・平井剛夫・大矢慎吾：スクミリンゴガイに対する薬剤防除試験. 九病虫研究会報 33, 106-109, 1987.
- 11) 牧野秋雄・小澤朗人：石灰窒素によるスクミリンゴガイの防除. 関東東山病虫研究会報 34, 208-210, 1987.
- 12) 平井剛夫：スクミリンゴガイの生態と防除. 農及園 62, 42-46, 1987.
- 13) 林嘉孝・永井清文・恒吉隆・戸高隆：スクミリンゴガイに対する石灰窒素の施用効果. 九病虫研究会報 34, 121-123, 1988.
- 14) 小澤朗人・牧野秋雄：スクミリンゴガイの生態と防除. 植物防疫 43, 38-41, 1989.
- 15) 恒吉隆：スクミリンゴガイへ石灰窒素. 今日の農業 4月号, 102-106, 1989.
- 16) 矢野貞彦・森下正彦・城野晋・東勝千代：スクミリンゴガイの発生実態と防除対策. 和歌山農試研報 14, 45-50, 1990.
- 17) 山下泉：高知県におけるスクミリンゴガイの越冬状況とその防除対策. 四国植防 28, 71-77, 1993.
- 18) 菖蒲信一郎：スクミリンゴガイの生態と防除. 植物防疫 59, 3-9, 1996.
- 19) 平博之・山口純一郎・小森辰巳・田中靖・三原実・田中龍臣：普通期水稻における石灰窒素の秋施用によるスクミリンゴガイの防除効果. 九農研 59, 10, 1997.
- 20) 毛利信治：石灰窒素の秋施用によるスクミリンゴガイ防除における水温の影響. 今月の農業 6月号, 61-65, 1997.
- 21) 廣瀬敏晴・山下賢一・田中尚智・八瀬順也：スクミリンゴガイの発生と防除法. 兵庫農技研報 (農業) 47, 6-9, 1999.
- 22) 和田節：スクミリンゴガイの生態と防除. 農業技術 52, 24-27, 1997.
- 23) 福島裕介・藤吉臨・石丸知道：水稻湛水直播栽培における初期水管理がスクミリンゴガイの被害軽減に及ぼす影響. 九農研 60, 13, 1998.
- 24) 和田節・市瀬克也・杉浦直幸・福島裕介：湛水直播水稻におけるスクミリンゴガイによる被害：播種後3週間落水体系による被害と雑草の発生. 九病虫研究会報 45, 68-71, 1999.
- 25) Wada, T., Ichinose, K., Higuchi, H.: Effect of drainage on damage to direct-sown rice by the apple snail *Pomacea canaliculata* (Lamarck) (Gastropoda: Ampullariidae). Appl. Entomol. Zool. 34, 365-370, 1999.
- 26) 高橋仁康・西田初生・関正裕：直播水稻栽培におけるスクミリンゴガイの機械的防除のための目標穀高設定. 九農研 61, 145, 1999.
- 27) 高橋仁康・西田初生・関正裕：ロータリー耕うんによるスクミリンゴガイの圃場密度低減. 九農研 62, 156, 2000.
- 28) 高橋仁康・関正裕：スクミリンゴガイ防除のためのロータリー耕うん技術の開発. 九農研 63, 140, 2001.
- 29) 高橋仁康・関正裕・田坂幸平・西田初生：耕うん・越冬・水口流入時のスクミリンゴガイ密度推移. 九農研 64, 142, 2002.
- 30) 高橋仁康・関正裕・西田初生：市販ロータリー耕うん機によるスクミリンゴガイ被害の軽減. 農機学会誌 64, 101-107, 2002a.
- 31) 高橋仁康・関正裕・西田初生：ロータリー耕うんによるスクミリンゴガイ防除に関する基礎的研究. 農機学会誌 64, 76-81, 2002b.
- 32) 鶴町昌市・H. D. Just, Jr.・G. F. Estoy, Jr.・M. S. Dera Cruz：湛水直播栽培におけるスクミリンゴガイの防除時期について. 九農研 59, 77, 1997.
- 33) 松島憲一・脇本賢三・吉永悟志・田坂幸平：石灰窒素の基肥施用が酸素供給剤被覆水稻種子の出芽に及ぼす影響. 日作紀 69 (別2), 162-163, 2000b.
- 34) 松島憲一・脇本賢三・吉永悟志・田坂幸平・大森博昭：石灰窒素の散布が湛水土中直播水稻の出芽に及ぼす影響. 日作紀 71, 11-16, 2002b.
- 35) 松島憲一・脇本賢三・吉永悟志・田坂幸平・大森博昭：水稻湛水直播栽培における酸素発生剤種子被覆および播種前の代かきによる石灰窒素の出芽障害緩和. 日作紀 72, 282-289, 2003.
- 36) McAdam, J.R. and F.C. Schafer :

- CYANAMIDES. In Kirk, R.E. and D.F. Othmer eds., Encyclopedia of Chemical Technology Second Edition. Vol.6. 553-573. Interscience Encyclopedia, 1951.
- 37) 奥田東：第3次改著土壌肥料綜説. 養賢堂, 1961.
- 38) 姫田正美：直播稲作への挑戦 第1巻 直播稲作研究 四半世紀の歩み. 176-181. 農林水産技術情報協会, 1995.
- 39) 西田瑞彦・土屋一成・田中福代・脇本賢三：打込み式代かき同時土中点播直播水稲の生育・収量に及ぼす溶出タイプの異なる肥効調節型肥料の影響. 九州農業研究 62, 50, 2000.
- 40) 脇本賢三：水稲の打込み式・代かき同時土中点播直播栽培の技術概要と普及の現状. 農業技術 55, 18-23, 2000.
- 41) 吉永悟志・竹牟礼穰・脇本賢三・田坂幸平・松島憲一・下坪訓次：暖地の湛水直播栽培における土中点播水稲の生育特性—後期重点施肥による生育特性の変化と収量性の向上—. 日作紀 71, 328-334, 2002.
- 

## Calcium Cyanamide Application for Controlling Apple Snail in Submerged Direct Seeding of Rice

Ken-ichi Matsushima

Department of Sciences of Functional Foods, Graduate School of Agriculture,  
Shinshu University

### Summary

Establishment of practical methods for the submerged direct seeding cultivation of rice is desired in Japan to reduce the labor and cost for rice cultivation. Apple snail is becoming a big problem that inhibits the extension of submerged direct seeding of rice cultivation in the warmer region of Japan. Apple snails seriously damage rice seedlings especially in the case of submerged direct seeding of rice, because they eat young and soft rice seedlings that have just emerged. Although the application of calcium cyanamide is known to be effective for the control of apple snails, chemical injury by it also known. Recent research works aiming at the application of chemical control of snails without chemical injury on submerged direct seeding cultivation of rice and other related research works are reviewed.

Summarizing the research works, apple snails are able to be controlled by calcium cyanamide with avoiding its harm on seedling emergence. Seedling emergence is secured by puddling soil before seeding and by using the seeds coated with oxygen supplier. The suitable dosage of calcium cyanamide for the effective control of apple snails without chemical injury is reported to be 4g/m<sup>2</sup> as nitrogen.

In order to establish and extend the submerged direct seeding cultivation of rice where calcium cyanamide is used for the control of apple snail, fertilizer application and growth of rice have to be further studied in field experiments.

**Key word** : Apple snail, Calcium cyanamide, Direct seeding of rice in submerged field,  
Oxygen supplier, Puddling