

2012年度 直接助成

## 水田で散布される殺虫剤が周囲のポリネータ、 特にセイヨウミツバチに及ぼす影響の解明

ポリネータの農薬被害研究グループ

松本 崇

農耕地で散布される殺虫剤がポリネータ、とくにセイヨウミツバチに及ぼす影響を調べた。日本で報告されているミツバチの農薬被害は水田でのカメムシ防除がもっとも多い。そこで、水田でのカメムシ防除がセイヨウミツバチに及ぼす影響を明らかにすることを目的に、夏期、北海道中央部において水田近くの蜂場と遠い蜂場間で、死亡頭数、コロニー成長率を比べた。巣門前の死亡数は、水田近くの蜂場では  $15.44 \pm 2.40$  頭/日・箱、遠く離れた蜂場では  $0.91 \pm 0.32$  頭/日・箱であり、水田近くの蜂場で有意に多かった ( $p < 0.0001$ )。コロニー成長率は、水田から遠い蜂場では  $1.48 \pm 0.31$ 、水田近くの蜂場では  $0.76 \pm 0.10$  であり、水田から遠い蜂場のほうが成長率が倍近く高かった ( $p < 0.01$ )。累積死亡個体数とコロニー成長率は負に相関していた ( $p < 0.01$ )。これらの結果は、ミツバチ大量死の原因は水田でカメムシ防除として散布される殺虫剤が主因であること、殺虫剤はミツバチのコロニー成長率にも影響を与えることを示している。

キーワード：ネオニコチノイド、北海道、水田、カメムシ

### 1. はじめに

ポリネータは野外生態系 (Aguilar et al. 2006) においても、農生態系 (Ricketts et al. 2008) においても不可欠な生態系サービスを提供している。それゆえ、近年のポリネータの減少は、野外植物個体群の維持、農作物の生産にとって深刻な危機であり、世界的な注目が集まっている。蜂は、多くの自然生態系、および農生態系において、もっとも主要なポリネータの一つである (Potts et al. 2010)。とりわけ、セイヨウミツバチ (*Apis mellifera*) はコロニーサイズの大きさや取扱いの容易さ等の理由で農生態系において、ポリネータ用資材としてもっともよく使われている。さらに、コスト・労力削減、および消費者の安全性に対する要求が高まるにつれ、花粉媒介をミツバチに依存している作物は近年

増加している (Aizen et al. 2008)。

他のポリネータ同様セイヨウミツバチのコロニー数減少が世界的に報告されている (Pettis and Delaplane 2010, vanEngelsdorp and Meixner 2010)。農耕地で散布される農薬が、このミツバチ減少要因の一つとして、疑われてきた (Allen-Wardell et al. 1998, Oldroyd 2007, Orantes-Bermejo et al. 2010)。とくに、近年急速に使用量が増大しているネオニコチノイド系殺虫剤はミツバチに深刻な影響を与えると養蜂家は主張してきた。ネオニコチノイド系殺虫剤は浸透移行性をもち、播種の際使用すると薬剤成分が蜜、花粉に移行するため、急性毒性だけではなく、殺虫成分が残留している蜜、花粉を摂食した幼虫世代にも影響を及ぼすことが懸念されてきた (Tasei et al. 2001, Abbott et al. 2008)。日本でも、

日本養蜂はちみつ協会が2008年から2010年に行ったアンケート調査では、北海道、東北を中心に水田でのカメムシ防除のために散布されるネオニコチノイド系殺虫剤による甚大なミツバチ被害(図1)が養蜂家から報告されている(Taniguchi et al. 2012).

ネオニコチノイド系殺虫剤がミツバチに及ぼす影響については、これまで数多くの研究がなされてきた。しかし、これまでの研究例のほとんどは室内、または半野外条件で行われたものであり、野外でネオニコチノイド系殺虫剤がミツバチに及ぼす影響を実証した例は非常に少ない(ただし、Marzaro et al. 2011, Girolami et al. 2012, Krupke et al. 2012)。そこで、農耕地で散布される農薬がミツバチに及ぼす影響を野外で明らかにすることを目的として、日本でミツバチの農薬被害が集中している、夏期北海道中央部において、水田近くの蜂場と水田から遠く離れた蜂場間で、巣箱当たりの死亡個体数、およびコロニー成長率を比較した。

## II. 方法

北海道旭川市、富良野市、和寒町、芦別市において、水田近く(もっとも近い水田からの距離が1 km以内)の蜂場を8か所、水田から遠く離れた(もっとも近くの水田からの距離が2 km以上)蜂場を4か所ランダムに選んだ。調査地周辺の水田では、7月中旬から8月中旬にかけて、2~4回カメムシ防除のために殺虫剤散布が行われている(JA きたひびき 2011)。蜂場ごとに5コロニーずつランダムに実験コロニーを選び、2012年7月11日から8月26日まで、毎週2、3回、蜂場を訪問し、実験コロニーの巣門前の死亡個体数を数えた。巣門前の死亡個体数は農薬被害のさらに、およそ2週間ごとに働き蜂の個体数をカウントし、コロニー成長率を測定した。働き蜂の個体数カウントは、巣箱内のすべての巣板を一枚ずつ外に出して観察し、巣板に隙間なく働き蜂がついている場合は巣板一枚あたり2000頭とみなした。蜂場訪問の際、水田で殺虫剤が散布されている場合は、



図1 巣箱の入口(巣門)前で大量死しているセイヨウミツバチ

表1 調査地周辺の水田でカメムシ防除に散布された殺虫剤の種類と散布日

日付	散布薬剤名	日付	散布薬剤名
7月20日	不明	7月29日	エチプロール
7月21日	エトフェンプロックス	7月30日	イミダクロプリド
7月21日	エトフェンプロックス	7月30日	クロチアニジン
7月22日	エトフェンプロックス	7月31日	エチプロール
7月24日	クロチアニジン	8月3日	不明
7月24日	エトフェンプロックス	8月3日	エチプロール
7月24日	エトフェンプロックス	8月6日	イミダクロプリド
7月25日	エトフェンプロックス	8月6日	イミダクロプリド
7月26日	エトフェンプロックス	8月7日	不明
7月26日	エチプロール	8月9日	不明
7月27日	エトフェンプロックス	8月9日	エチプロール
7月28日	不明	8月10日	不明
7月29日	シフルトリン	8月14日	エチプロール
7月29日	イミダクロプリド	8月17日	不明
7月29日	エチプロール	8月17日	不明
7月29日	イミダクロプリド	8月23日	不明

薬剤の種類について聞き取り調査を行った。

解析にはすべて一般化線形混合モデル (GLMM) を用いた (Wolfinger and O'Connell 1993)。死亡個体数の蜂場間の比較では、目的変数は巣門前の死亡個体数とし、死亡頭数はポアソン分布に従うと仮定した。説明変数としては、水田からの距離 (近いか遠い) を固定効果とし、各コロニーをランダム効果とした。コロニー成長率の比較は、目的変数はコロニー成長率とし、正規分布に従うと仮定した。説明変数は、水田からの距離 (近いか遠い) を固定効果とし、各蜂場をランダム効果としてモデルに組み込んだ。コロニー成長率と累積死亡個体数の関係の解析に関しては、目的変数はコロニー成長率とし、正規分布に従うと仮定した。説明変数は、累積死亡個体数を固定効果とし、各蜂場をランダム効果とした。すべての解析は R2.11.1 を用いて行った (R Development Core Team 2010)。

### III. 結果

調査地周辺の水田で直接観察したカメムシ防除の薬剤名、散布日は表1のとおりだった。

ほとんどの水田に近い蜂場では、調査期間中、大量死が1回または2回みられた (図2)。水田から遠く離れた蜂場では、大量死は見られなかった。巣箱・日当たりの死亡個体数は、水田近くの蜂場では遠い蜂場よりも有意に多かった ( $p < 0.001$ , GLMM; 図3)。コロニー成長率に関しては、水田から遠い蜂場では、近い蜂場のおよそ2倍近く高かった ( $p < 0.01$ , GLMM; 図4)。コロニー成長率はコロニーの累積死亡個体数と有意な負の相関があった ( $p < 0.01$ , GLMM; 図5)。

### IV. 考察

ネオニコチノイド系殺虫剤がセイヨウミツバチに及ぼす影響については、これまで数多くの研究がなされてきた。その結果、野外でミツ

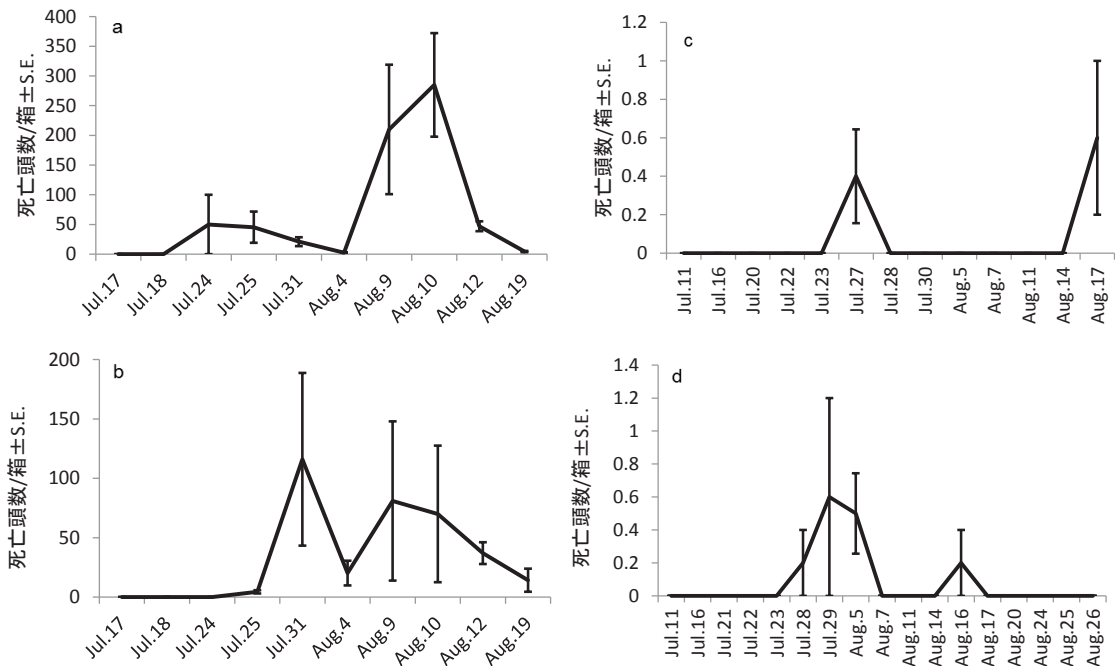


図2 巣門前死亡個体数(平均 $\pm$ s.e.)の時間的変動パターン a,b:水田近くの蜂場, c,d:水田から遠い蜂場。水田近く(1 km 以内)の蜂場, 水田から遠い(2 km 以上)の蜂場それぞれ2つずつの蜂場の死亡個体数の変動パターンを示した

バチが利用する蜜、花粉の多くにネオニコチノイド系殺虫剤が残留していることがわかった (Schmuck et al. 2001, Bernal et al. 2010, Mullin et al. 2010, Pohorecka et al. 2012). しかし、野外でみられるネオニコチノイド系殺虫剤残留濃度は急性毒性の値に比べ十分低いこと (Schmuck et al. 2001, Bailey et al. 2005, Bernal et al. 2010), および野外では、ネオニコチノイド系殺虫剤散布とミツバチのコロニー成長に関係がみられなかった (Schmuck et al. 2003, Cutler and Scot-Dupree 2007, Chauzat et al. 2009, Nguyen et al. 2009, Pohorecka et al. 2012).

これまでネオニコチノイド系殺虫剤がミツバチに及ぼす効果として、致死効果にのみ注目されてきたが、帰巣率の低下をはじめとした非致死効果がこれまでの予想よりもずっと大きく、ネオニコチノイドがミツバチに及ぼす影響を明らかにするためには非致死効果も考慮に入れる

必要があることがわかってきた (Desneux et al. 2007, Cresswell 2011). 実際に野外条件で帰巣性の低下を実証した研究例もでてきた (Henry et al. 2012, Matsumoto 2012). さらに、ネオニコチノイドの被ばく経路として、ネオニコチノイドは浸透性の殺虫剤ということで、ネオニコチノイドが残留した蜜、花粉を摂食する影響が主に調べられてきたが、直接暴露の影響が徐々に大きいこともわかってきた (Marzaro et al. 2011, Girolami et al. 2012, Krupke et al. 2012).

本研究結果は、日本でのミツバチの大量死の報告例が集中している北海道中央部において、ミツバチの大量死の主因が水田でのカメムシ防除であること、およびカメムシ防除は大量死を引き起こすだけでなく、コロニー成長にも影響することを野外で実証した。死亡個体のほとんどは成虫であること、および大量死は断続的に起こることから、殺虫剤の直接暴露が大量死

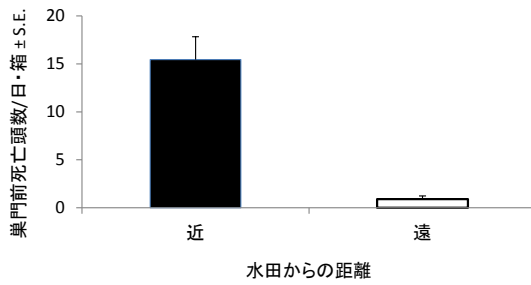


図3 巢門前死亡個体数/箱・日 (平均±s.e.) の水田近くの蜂場と水田から遠い蜂場の比較

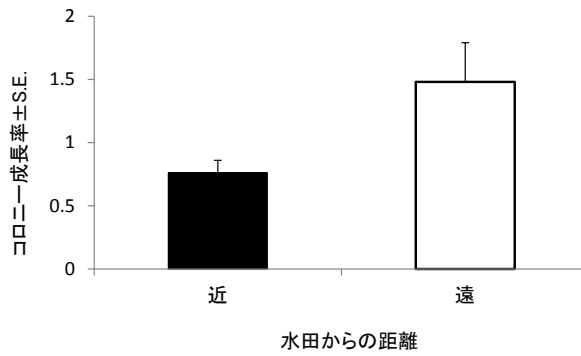


図4 コロニー成長率 (平均±s.e.) の水田近くの蜂場と水田から遠い蜂場の比較

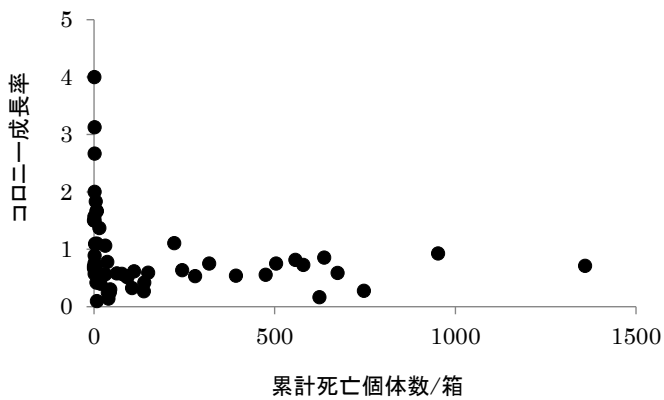


図5 コロニー成長率と巣箱当たりの累積死亡個体数の関係

の原因だと推察される。非致死効果は調べていないが、ネオニコチノイド系殺虫剤で大量死が起こった場合は、被ばく量が少ない個体に対しては非致死効果も生じることが先行研究から示唆される。したがって、コロニー成長率への影響は、致死効果と非致死効果が合わさったものだと考えられる。

カメムシ防除に用いられる殺虫剤は、ネオニコチノイド系殺虫剤だけではない。本研究では、殺虫剤の種類によるミツバチコロニーへの影響の大きさの違いについては検証できなかった。ただし、近隣の水田でネオニコチノイド系殺虫剤以外を散布しているときでもミツバチの大量死は生じた。ネオニコチノイド系殺虫剤が他の殺虫剤に比べミツバチへの影響が著しく大きいかどうかを明らかにすることは今後の課題である。

## 謝辞

本研究を遂行するうえで、北海道中央部に蜂場を設置する養蜂家のみなさまにも多大なご協力をいただきました。深く感謝いたします。

## 文献

Abbott, V. A., Nadeau, J. L., Higo, H. A. and Winston, M. L. 2008. Lethal and sublethal effects of imidacloprid on *Osmia lignaria* and clothianidin on *Megachile rotundata* (Hymenoptera : megachilidae). *Journal of Economic Entomology* 101: 784-796.

Aguilar, R., Ashworth, L., Galetto, L. and Aizen, M. A. 2006. Plant reproductive susceptibility to habitat fragmentation: review and synthesis through a meta-analysis. *Ecology Letters* 9: 968-980.

Allen-Wardell, G., Bernhardt, P., Bitner, R., Burquez, A., Buchmann, S., Cane, J., Cox, P. A., Dalton, V., Feinsinger, P., Ingram, M., Inouye, D., Jones, C. E., Kennedy, K., Kevan, P., Koopowitz, H., Medellin, R., Medellin-Morales, S., Nabhan, G. P., Pavlik, B., Tepedino, V., Torchio, P. and Walker, S. 1998. The

potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields. *Conservation Biology* 12: 8-17.

Bailey, J., Scott-Dupree, C., Harris, R., Tolman, J. and Harris, B. 2005. Contact and oral toxicity to honey bees (*Apis mellifera*) of agents registered for use for sweet corn insect control in Ontario, Canada. *Apidologie* 36: 623-633.

Bernal, J., Garrido-Bailon, E., del Nozal, M. J., Gonzalez-Porto, A. V., Martin-Hernandez, R., Diego J. C., Jimenez, J. J., Bernal, J. L. and Higes, M. 2010. Overview of Pesticide Residues in Stored Pollen and Their Potential Effect on Bee Colony (*Apis mellifera*) Losses in Spain. *Journal of Economic Entomology* 103: 1964-1971.

Chauzat, M. P., Carpentier, P., Martel, A. C., Bougeard, S., Cougoule, N., Porta, P., Lachaize, J., Madec, F., Aubert, M. and Faucon, J. P. 2009. Influence of Pesticide Residues on Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Colony Health in France. *Environmental Entomology* 38: 514-523.

Cresswell, J.E. 2011. A meta-analysis of experiments testing the effects of a neonicotinoid insecticide (imidacloprid) on honey bees. *Ecotoxicology* 20: 149-157.

Cutler, G. C. and Scott-Dupree, C. D. 2007. Exposure to clothianidin seed-treated canola has no long-term impact on honey bees. *Journal of Economic Entomology* 100: 765-772.

Desneux, N., Decourtye, A. and Delpuech, J.M. 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology* 52: 81-106.

Giolami, V., Marzaro, M., Vivan, L., Mazzon, L., Greatti, M., Giorio, C., Marton, D. and Tapparo, A. 2012. Fatal powdering of bees in flight with particulates of neonicotinoids seed coating and humidity implication. *Journal of Applied Entomology* 136(1-2): 17-26.

JA きたひびき病害虫防除合理化委員会 2011. 「病害虫雑草防除ガイド」

Krupke, C. H., Hunt, G. J., Eitzer, B. D., Andino, G. and Given, K. 2012. Multiple Routes of Pesticide Exposure for Honey Bees Living Near Agricultural Fields. *Plos One* 7: e29268.

Marzaro, M., Vivan, L., Targa, A., Mazzon, L., Mori, N.,

- Greatti, M., Toffolo, E. P., Di Bernardo, A., Giorio, C., Marton, D., Tapparo, A. and Girolami, V. 2011. 'Lethal aerial powdering of honey bees with neonicotinoids from fragments of maize seed coat', *Bulletin of Insectology* 64: 119-126.
- Matsumoto, T. 2012. Reduction in the honey bee *Apis mellifera* after a sublethal dose of neonicotinoid insecticides. *Bulletin Insectology* 66: 1-9.
- Mullin, C. A., Frazier, M., Frazier, J. L., Ashcraft, S., Simonds, R., vanEngelsdorp, D. and Pettis, J. S. 2010. High Levels of Miticides and Agrochemicals in North American Apiaries: Implications for Honey Bee Health. *Plos One* 5: e9754.
- Nguyen, B. K., Saegerman, C., Pirard, C., Mignon, J., Widart, J., Tuirionet, B., Verheggen, F. J., Berkvens, D., De Pauw, E. and Haubruge, E. 2009. Does Imidacloprid Seed Treated Maize Have an Impact on Honey Bee Mortality? *Journal of Economic Entomology* 102: 613-623.
- Oldroyd, B. P. 2007. What's killing American honey Bees? *Plos Biology* 5: 1195-1199.
- Orantes-Bermejo, F. J., Pajuelo, A. G., Megias, M. M. and Fernandez-Pinar, C. T. 2010. Pesticide residues in beeswax and beebread samples collected from honey bee colonies (*Apis mellifera L.*) in Spain. Possible implications for bee losses. *Journal of Apicultural Research* 49: 243-250.
- Pettis, J. S. and Delaplane, K. S. 2010. Coordinated responses to honey bee decline in the USA. *Apidologie* 41: 256-263.
- Pettis, J. S., vanEngelsdorp, P., Johnson, J. and Dively, G. 2012. Pesticide exposure in honey bees results in increased levels of the gut pathogen *Nosema*. *Naturwissenschaften* 99: 153-158.
- Pohorecka, K., Skubida, P., Miszczak, A., Semkiw, P., Sikorski, P., Zagibajlo, K., Teper, D., Koltowski, Z., Skubida, M., Zdanska, D. and Bober, A. 2012. Residues of neonicotinoid insecticides in bee collected plant materials from oilseed rape crops and their effect on bee colonies. *Journal of Apicultural Science* 56: 115-134.
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O. and Kunin, W. E. 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology and Evolution* 25: 345-353.
- R Development Core Team. 2010. R: a language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org>
- Ricketts, T. H., Regetz, J., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., Bogdanski, A., Gemmill-Herren, B., Greenleaf, S. S., Klein, A. M., Mayfield, M. M., Morandin, L. A., Ochieng, A. and Viana, B. F. 2008. Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? *Ecology Letters* 11: 499-515.
- Schmuck, R., Schoning, R., Stork, A. and Schramel, O. 2001. Risk posed to honeybees (*Apis mellifera L. Hymenoptera*) by an imidacloprid seed dressing of sunflowers. *Pest Management Science*. 57: 225-238.S
- Schmuck, R., Stadler, T. and Schmidt, H. W. 2003. Field relevance of a synergistic effect observed in the laboratory between an EBI fungicide and a chloronicotinyl insecticide in the honeybee (*Apis mellifera L. Hymenoptera*), *Pest Management Science* 59: 279-286.
- Taniguchi, T., Kita, Y., Matsumoto, T. and Kimura, K. 2012. Honeybee colony loss during 2008-2010 caused by pesticide application in Japan. *Journal of Apiculture*. 27: 15-27.
- Tasei, J. N., Ripault, G. and Rivault, E. 2001. Hazards of imidacloprid seed coating to *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae) when applied to sunflower. *Journal of Economic Entomology* 94: 623-627.
- vanEngelsdorp, D. and Meixner, M. D. 2010. A historical review of managed honey bee populations in Europe and the United States and the factors that may affect them. *Journal of Invertebrate Pathology* 103: S80-S95.
- Wolfinger, R. and Oconnell, M. 1993. Generalized linear mixed models – a pseudo-likelihood approach. *Journal of Statistical Computation and Simulation* 48: 233-243.

## Effects of insecticides applied in rice fields on neighbor pollinators, especially honeybee colonies

MATSUMOTO Takashi

We examined the effects of insecticides on pollinators especially honeybee, *Apis mellifera*. According to a report by Japan Beekeeping Association, honeybees most frequently suffer from applications to control stink bug in rice field. Therefore, our aim is to reveal possible side effects of control of stink bug in rice field on honeybee. Mean dead bees per a hive day at bee fields with adjacent to rice field is significantly more than that at bee field with far from rice field. Colony growth rate with far from rice field is about twice than that with adjacent to rice field. Growth rate of colony negatively related with the number in accumulated dead bee of the hive. These results show that the control of stink bug is responsible for the observed greater mortality in honeybee, and application of insecticide effects on colony growth rate of honeybee.