

平成 30 年 6 月 11 日現在

機関番号：11501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26440229

研究課題名(和文) 温暖化が自然共生型水田淡水生物の相互作用とその多様性及びイネの生育に及ぼす影響

研究課題名(英文) The effects of temperature on the interactions of aquatic organisms and growth of rice plants

研究代表者

安田 弘法 (YASUDA, Hironori)

山形大学・農学部・教授

研究者番号：70202364

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、水田の生物由来の養分を供給する可能性があるタニシ等を材料に、タニシと温度が、イネの生育と水田の淡水生物の生存、発育、繁殖に及ぼす影響をミニ水田と室内実験で明らかにした。その結果、ミニ水田での実験による温度とタニシがイネの生育に与える影響では、タニシは草丈と葉色を増加させたが、株数は非有意であった。高温により草丈が高くなったが、株数は少なく、葉色への影響は非有意であった。一方、タニシと温度がサカマキガイとカワナナの生存等の生物的要因と窒素等の非生物的要因に与える影響を解明する室内実験では、温度は非生物的要因に与える影響が強く、タニシは生物的要因に与える影響が強い傾向があった。

研究成果の概要(英文)： The aim of this study was to understand the mechanism of how the mud snail and temperature affect biotic factors of other aquatic organisms and performance of rice plants. The presence of mud snails resulted in significantly increased plant height and SPAD value of the rice plants, although the tiller number was not significantly affected. The results suggested that the effects of temperature differed among plant performances; plants grew taller but had fewer tillers when the rice was grown at high temperature, while SPAD was not significantly affected.

The experiments to understand the effects of temperature and mud snails on the biotic factors of other aquatic organisms suggested that temperature did not affect biotic factors of other aquatic organisms, while it influenced on abiotic factors. On the other hand, the effects of snails differed from the temperature effects; the snails gave much influence on the biotic factors than abiotic ones.

研究分野：群集生態学

キーワード：温暖化 水田 湛水生物

## 1. 研究開始当初の背景

2013年9月、国連の「気候変動に関する政府間パネル(IPCC)」が、十分な対策を講じないと、今世紀末の世界の平均気温は、1986年～2005年の平均に比べ、最大4.8 上昇することを予測した。このような地球温暖化への対応は、人類を含めた生物が地球上で永く存続するための喫緊の課題といえる。また、地球温暖化が生物に及ぼす多面的な影響の解明は、生態学の最重要課題の一つでもある。地球温暖化は、我々の生活のみならず生物の生存と発育を通じ、その個体数や分布及び、生物多様性創出にも影響を及ぼす。しかし、このような温暖化が生物の分布や個体数、さらには種間相互作用に及ぼす影響を解明した研究は少ない。IPCCの温暖化に関する研究がノーベル平和賞を受賞したことは記憶に新しいが、そこでは生物環境分野の30,000に迫る観測データのうち、実に約90%が温暖化による影響を受けているとされる。我が国でも、温暖化がもたらす生態系への影響として、昆虫の分布圏の北上や植生の変化、生物季節の早期化などが報告されている。しかし、温暖化が、ある生態系の生物の個体、個体群、群集レベルに及ぼす影響を実証的及び理論的に明らかにした研究は、ほとんどない。

アジアの水稻栽培は、5000年以上の歴史があり、それは、水田生態系の多様な生物の機能を活用し、環境への負荷の少ない「伝統農法」であった。しかし、収量が少ないのが問題であった。この低収量の問題を克服するため、1960年代から「緑の革命」が開始された。これは、多量の化学肥料と農薬を散布し、高収量品種を栽培する「近代農法」で、従来の栽培方法を変貌させた。この「近代農法」により増収したが、土壌の劣化や水田及びその周辺環境の悪化、生物多様性の激減による特定病害虫の多発等、安全で安定した食糧生産への危惧が生じた。さらに、現在、「近代農法」の根幹を支えている、化学肥料や農薬の原料

である化石燃料は、枯渇しつつある。このように「近代農法」により派生する諸問題を考えると「脱・緑の革命」となる、無化学肥料・無農薬・無除草剤でタニシなどの湛水中の多様な生物の機能を活用した「自然共生水田農法」の確立が急務となる。しかし、このような研究はほとんどない。

## 2. 研究の目的

2013年9月のIPCC予測によると地球温暖化は加速している。温暖化がもたらす影響は、生物によって異なる。この影響の相違は、生物間相互作用に働き、系の動態を変化させる可能性がある。水田湛水には、藻類やタニシ等の多くの淡水生物が生息し、これらの生物由来の窒素は、イネの生育に重要な役割を果たしている。このような生物の機能を活用し、無化学肥料・無農薬・無除草剤でイネを栽培する方法が「自然共生水稻栽培」である。温暖化は、水田湛水生物の個体、個体群、群集レベルを通じ、多様性の維持に影響を及ぼすと思われる。

本研究では、野外及び室内の実証研究により「温暖化が自然共生型水田淡水生物の相互作用とその多様性及びイネの生育に及ぼす影響」について解明することを目的としている。そのため、1)ミニ水田を用い、野外及び温室で温度とタニシがイネの生育に及ぼす2要因実験と、2)室内でタニシと温度が、2種の湛水生物であるサカマキガイとカワニナの生存、発育、繁殖に及ぼす影響を明らかにする。室内実験では、タニシが2種の湛水生物に及ぼす影響とこれらの2種の生物がタニシの生存、発育、繁殖に及ぼす相互作用を明らかにする。

## 3. 研究の方法

まず、野外と温室でのミニ水田を用いた2要因実験により、温度とタニシがイネの生育に与える影響を明らかにする。温度を操作するため、高温区として温室にミニ水田を設置

した区と通常の温度区として、温室の近くの野外にミニ水田を置いた野外区の2つの区でイネの生育を比較した。温室に設置したミニ水田の水温やイネ周辺の温度は、野外に設置したミニ水田より有意に高くなっていた。また、この実験では、ミニ水田の土壌表面にタニシの糞による養分が蓄積し、それをイネが吸収するため地表面の根の量が処理区で異なるとの仮説を立てた。そして、それを検証するため、地表面の根の量も計測し、それを処理区で比較した。

さらに、室内でタニシと温度(23度と29度)がサカマキガイとカワニナの生存、発育、繁殖等の生物的要因と窒素、カリウム、葉緑体、有機物、溶存酸素、pH等の非生物的要因に与える影響を解明する群集レベルの実験を行った。この実験では、2つの温度区で各処理区のタニシ、サカマキガイ、カワニナの生存と生体重及び産卵数を調査した。実験は、20度の恒温室に水槽を設置し、その水槽にヒーターを入れて、水温が23度と29度になるようにヒーターを調整した。また、ヒーターはプラスチックメッシュの網で覆い、供試生物が直接ヒーターに触れることがないようにした。そして、水温が設定温度になっているかを確認するため、毎日一回、水温を計測した。供試生物の生存と繁殖の調査は、毎日、それらの生存を確認し、産子数を計数した。計数後、重複して計数するのを避けるため卵を除去した。また、発育は実験開始時と終了時に供試生物の生体重を計測し、終了時の生体重と実験開始時の生体重の差を発育の指標にした。

#### 4. 研究成果

ミニ水田での実験(温室と野外)による、温度とタニシがイネの生育に与える影響では、タニシは草丈と葉色を有意に増加させたが、株数は非有意であった(表1)。高温により草丈が高くなったが、株数は少なく、葉色への影響は非有意であった。タニシがいる

と、地表面の根の数が有意に多くなった(表2)。これは、タニシの糞に由来する養分を根が吸収するために、その養分が蓄積されている土壌表層部分に根が移動したことを示唆している。養分のある処に根が移動するとの作業仮説を立てたが、それを支持した興味深い結果である。また、タニシの糞は、高温だと少なくなり、これは高温での摂食活動の低下に起因すると考えられた。

表1 タニシと温度がミニ水田のイネの生育に及ぼす影響(平均値±SE)

	処理	野外	温室
草丈	タニシ無	80.7 ± 1.0	100.9 ± 1.6
	タニシ有	84.9 ± 0.4	104.7 ± 1.2
株数	タニシ無	34.1 ± 1.3	32.7 ± 1.1
	タニシ有	36.5 ± 0.9	32.0 ± 1.1
SPAD	タニシ無	29.4 ± 0.7	30.0 ± 0.3
	タニシ有	32.4 ± 0.4	31.3 ± 0.6

表2 タニシと温度がミニ水田土壌地表面の根の量に及ぼす影響(平均値±SE)

根	処理	野外	温室
小型	タニシ無	10.6 ± 4.1	10.8 ± 3.3
	タニシ有	42.4 ± 9.2	36.4 ± 10.1
大型	タニシ無	7.6 ± 2.4	7.2 ± 3.0
	タニシ有	12.6 ± 4.0	14.2 ± 3.2
全体	タニシ無	18.2 ± 6.4	18.0 ± 6.2
	タニシ有	55.0 ± 13.3	50.6 ± 13.3

一方、タニシと温度(23度と29度)がサカマキガイとカワニナの生存、発育、繁殖等の生物的要因と窒素、カリウム、葉緑体、有機物、溶存酸素、pH等の非生物的要因に与える影響を解明する群集レベルの室内実験では、温度は非生物的要因に与える影響が強く、タニシは生物的要因に与える影響が強い傾向があった。特に、タニシはサカマキガイの産卵数を増加させたが、カワニナへの影響はなかった。一方、タニシは、サカマキガイ及びカワニナと共存することで繁殖が増加した。さらにタニシは、有機物や窒素を増加

させ、温度の増加は、有機物、窒素、カリウムを増加させた。

また、供試生物単独の個体レベル及び同種2個体、さらには同種と異種をそれぞれ1個体ずつ付け加えた個体群レベルの実験結果も群集レベルの結果と類似した傾向があった。

タニシがいる水田では、湛水生物の多様性が高く、イネの生育が促進されとの報告がある。本研究では、タニシがいると湛水生物相互の繁殖が増加し、それが水田の多様性増加や生物由来の養分の増加によるイネの生育促進につながることを明らかにした。さらに、湛水生物の好適な水温範囲では、それらの生物の活動を高め生物由来の養分が多くなり、イネの生育を促進する可能性も示唆された。

これらは、タニシが、湛水部生物の個体数を増加させる機構の解明と、生物の活動に好適な温度では生物由来の養分が増加し、イネの生育が促進されるボトムアップ効果があることを示した新知見である。また、このような淡水生物の活用は「自然共生水稻栽培」の基礎資料としても極めて価値が高いと思われた。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

Kurniawan A., Sato S., Yasuda H. (2018) Effects of ambient temperature and the mud snail *Cipangopaludina chinensis laeta* (Architaenioglossa: Viviparidae) on performance of rice plants. Applied Entomology and Zoology, 53: 137-141, 査読有

Vira, K., Sato, S., Yasuda, H. (2017) Effects of a mud snail *Cipangopaludina chinensis laeta* (Architaenioglossa: Viviparidae) on the abundance of terrestrial arthropods through rice plant development in a paddy field. Applied Entomology and Zoology, 52 : 97-106, 査読有

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 1 件)

Kurniawan A., Sato S., Yasuda H. (2018) Effects of ambient temperature and the mud snail on performance of rice plant. 第62回日本応用動物昆虫学会大会, 鹿児島大学

〔図書〕(計 1 件)

安田弘法(2017)環境科学の挑戦, 144-186, 「農学が世界を救う」(生源寺眞一ら編執筆), 岩波ジュニア新書, 岩波書店, 査読有

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

取得状況(計 0 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

〔その他〕  
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

安田 弘法 (YASUDA Hironori)  
山形大学・農学部・教授  
研究者番号：70202364

(2) 研究分担者

粕淵 辰昭 (KASUBUCHI Tatsuaki)  
山形大学・名誉教授  
研究者番号：00250960

(3) 研究分担者

佐藤 智 (SATO Satoru)  
山形大学・農学部・准教授  
研究者番号：70444023