	ホウ ブンヘイ
氏名(封文萍(
学位の種類	博士(農学)
学位記番号	農博第 1238 号
学位授与年月日	令和 2 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項
研究科,専攻	東北大学大学院農学研究科(博士課程)資源生物科学専攻
論 文 題 目	Eco-physiological study on reproduction of the range-extended sea urchin
	Heliocidaris crassispina (分布拡大したムラサキウニの再生産に関する生理
	生態学的研究)
博士論文審査委員	(主査)教授 吾妻 行雄
	教授 尾定 誠
	教授 大越 和加

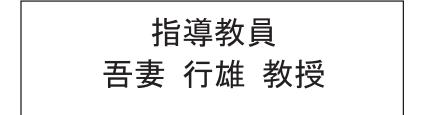
論文内容要旨

Eco-physiological study on reproduction of the range-extended sea urchin *Heliocidaris crassispina*

分布拡大したムラサキウニの再生産に関する生理生態学的研究

東北大学大学院農学研究科 資源生物科学専攻 Wenping FENG

封 文萍



Chapter I. Introduction

Climate change mainly presented by global warming has caused increase in seawater temperature. It potentially propels extension of marine organisms to high latitude areas. Sea urchin is one of the ecologically important species. A few studies revealed high water temperature extended the range of some sea urchin species poleward. *Heliocidaris crassispina* is originally distributed in intertidal and shallow subtidal rocky reefs in southern Japan from Ibaraki in the Pacific Ocean and Akita Prefecture in the Sea of Japan. In August 2014, the dense habitation of *H. crassispina* was found in Toga Bay along the Oga Peninsula in the Sea of Japan. In contrast, *Mesocentrotus nudus*, which was predominant there until a couple of years ago, disappeared. This study aims to figure out (1) the driver of the range extension (2) temperature on replacement of sea urchin species and (3) reproductive adaptation of new extender. It is the first time to study on a new sea urchin population extended during the last decade.

Chapter II. Gonad development and population structure

Spawning of *H. crassispina* is in July to August in southern Sea of Japan. To figure out the driver of the range extension, and to explore the differences in the gonad development in spawning season and population structure of H. crassispina between extended and central ranges, the gonad development by sex, sex ratio and age composition of ~100 H. crassispina, which collected in a Sargassum siliquastrum bed at the depths of 3–5 m in Toga Bay (extended range) in August 2014, and on a barren at a depth of 3 m off Shitsumi, Fukui (central range) in August 2018, were investigated. Age compositions showed a persistent juvenile recruitment in both the localities. The sex ratio was skewed to female in Toga Bay, in contrast, balanced between sexes off Shitsumi. Ovaries were in the partly spawned and the spent stages in both localities. Testes were in the growing and premature stages in Toga Bay, in contrast, in the premature and mature stages off Shitsumi (Fig. 1). Thus, testicular development in both localities were delayed compared to ovarian development. But, testicular development in Toga Bay was more delayed than that off Shitsumi. Male H. crassispina may be more vulnerable to low water temperature in the extended range and to low food availability in the central range than females. Long-term water temperature data suggested that the range extension of H. crassispina from historic habitat was due to an increase in the temperature, particularly, during the summer spawning season.

Chapter III. Reproductive cycle and nutrient accumulation

To verify the delayed spermatogenesis of *H. crassispina* in Toga Bay, and identify its specific cause, seasonal changes in the gonad development and body (gonad, gut and gut content) indexes in relation to temperature and the carbon and nitrogen contents (C and N) and C/N ratio of the gonad, gut tissues, and gut contents were investigated. Thereby, the nutritional accumulation of the rangeextended sea urchins was evaluated by sex. A defined gametogenic cycle with a single spawning per sex was found. The ovaries were in the premature-mature stages during June-July. The spent stage was mainly in August and September. In contrast, the testes were in the growing-mature stages from June to July and in the partly spawned stage from July to August, indicating that spermatogenesis was one month delayed compared to oogenesis (Fig. 2). Thus, spawning was partially synchronized between sexes. Meiotic cell divisions are the bases of spermatid and spermatozoa production. Low temperature inhibit cell proliferation, and alter spermatogenic process. A long-term warming trend in Toga Bay was observed in annual average and May-August, indicating that H. crassispina is subjected to the low temperature, particularly during winter in new habitat (Table 1). Past studies reported that higher protein content in testes than that in ovaries from the recovery to growing stages. However, there was no sexual difference in N content of gonad in H. crassispina (Fig. 3), indicating that the protein content accumulated in testes was insufficient at low water temperatures in winter. The suppressed meiotic cell divisions for spermatid and spermatozoa production and insufficient protein content in the testes for spermatogenesis might be the causal factors of delayed spermatogenesis.

Chapter IV. Effect of temperature on early life stage

To explore the effect of temperature (T) on behavior and feeding of juveniles of *H. crassispina* and *M. nudus* collected in Toga Bay and Shizugawa Bay, respectively, in June and December 2018 (Exp. 1), and on the early development from fertilization to larvae from adult *H. crassispina* collected in Toga Bay (Exp. 2) were investigated. In Exp.1, righting response, lantern reflex and feeding rate of 10 urchins of each species were measured every 7 days under T increasing and decreasing rate of 2.5 °C week⁻¹. In Exp. 2, the fertilization, and hatching and development rates at 10 different T (8–35°C) were measured.

The optimal T ranges for behavior and feeding were, respectively, 10.3-31.0°C and 10.3-33.4°C

in *H. crassispina*, and 6.1–26.6°C and 11–24°C in *M. nudus*, suggesting that *H. crassispina* tolerate higher T but do not tolerate lower T than *M. nudus*. The T increasing rate of 2.5 °C week⁻¹ is more acute than that of ~3 °C month⁻¹ in the wild, suggesting the high T limits of *H. crassipina* (33.3 °C) and *M. nudus* (30.5 °C) are 5–10°C higher than those in the wild. However, no information of defference in the low temperature limits from the T decreasing rates and in the wild is available. Between 26–31°C, the feeding rate significantly increased in *H. crassispina*, but decreased in *M. nudus* (Fig. 4), suggesting that high T in summer drove the replacement of *M. nudus* by *H. crassispina* in Toga Bay. The optimum T for larvae of *H. crassispina* ranged 16.8–29.0°C (Fig. 5), indicating possibility of adaptation in Toga Bay.

Chapter V. Conclusion

In adult *H. crassispina* in Toga Bay, the results of female-skewed sex ratio, partially synchronized spawning, and delayed spermatogenesis would lower the possibility of self-reproduction in the newly extended population. However, the results of a persistent juvenile recruitment, and adjustment of high temperature for juveniles suggest the possible adaptation in Toga Bay. In addition, the optimum temperature range of fertilization to larvae associated with increasing seawater temperature may indicate that the population in Toga Bay is acting as larval sinks or sources in the metapopulation. During the last 100 years, increased temperature in the central Sea of Japan was 1.7°C, which was the highest in all sea areas around Japan. Also, a long-term warming trend during summer in Toga Bay suggests that *H. crassispina* will further extend to the north. Overgrazing of large fucoid beds by the range extender would be a potential threat because of the loss of spawning bed for sandfish stock, which is commercially important species in Akita Prefecture. The assessment of densities of the extended population to clarify whether low population size producing a reduction of fitness by Allee effect is needed. In addition, to demonstrate the mechanism of delayed spermatogenesis, the sexual differences in food consumption, digestive enzyme activity and digestibility at low water temperature are needed to be clarified.

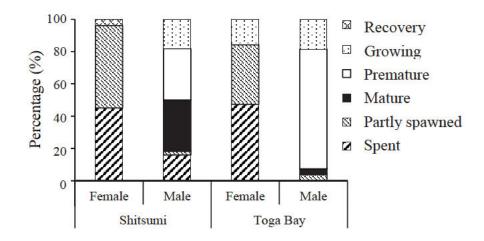


Fig. 1. Percentages of each gonad development stage of *Heliocidaris crassispina* by sex collected off Shitsumi in August 2018 and in Toga Bay in August 2014.

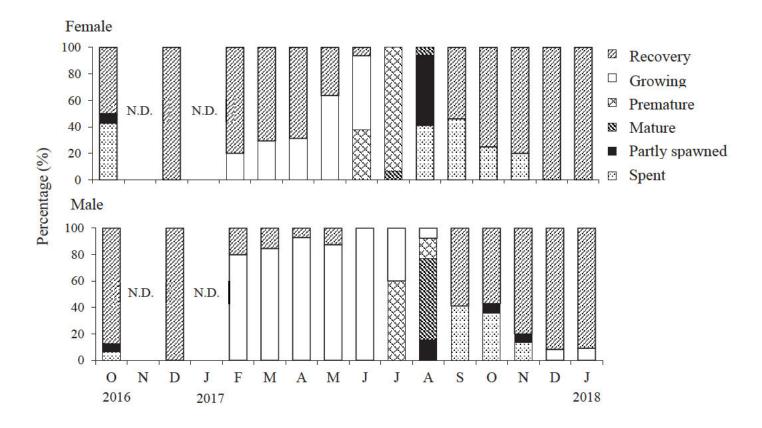


Fig. 2. Monthly changes in the gonad developmental stages of *Heliocidaris crassispina* by sex in Toga Bay along the Oga Peninsula, Akita Prefecture. N.D. indicates no data. Legends indicate gonad developmental stages. Letters from O to J of X axes indicate months.

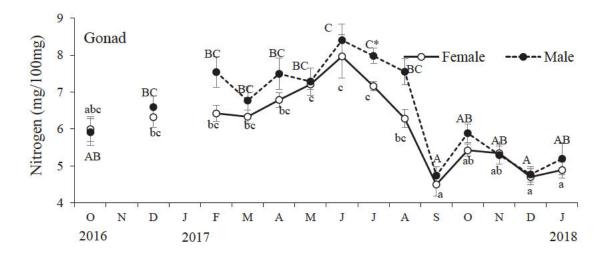


Fig. 3. Seasonal changes in nitrogen contents of gonad in female and male *Heliocidaris crassispina* (means \pm SE). Upper and lower alphabetical letters indicate significant differences in male and female gonads, guts and gut contents among months, respectively. Asterisks indicate sexual differences (p < 0.05).

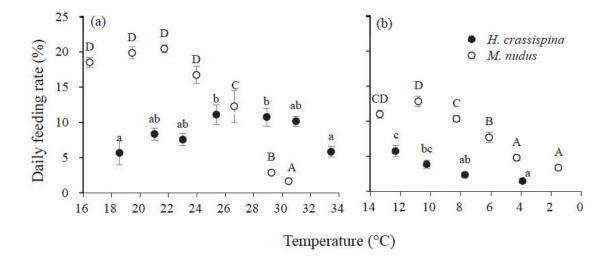


Fig. 4. Changes in daily feeding rate of *Heliocidaris crassispina* and *Mesocentrotus nudus* along with temperature change in high (a) and low (b) temperature tolerance experiments (means \pm SE). Lower and upper alphabetical letters indicate significant differences in daily feeding rate of *H. crassispina* and *M. nudus*, respectively, among different temperatures, respectively (p < 0.05).

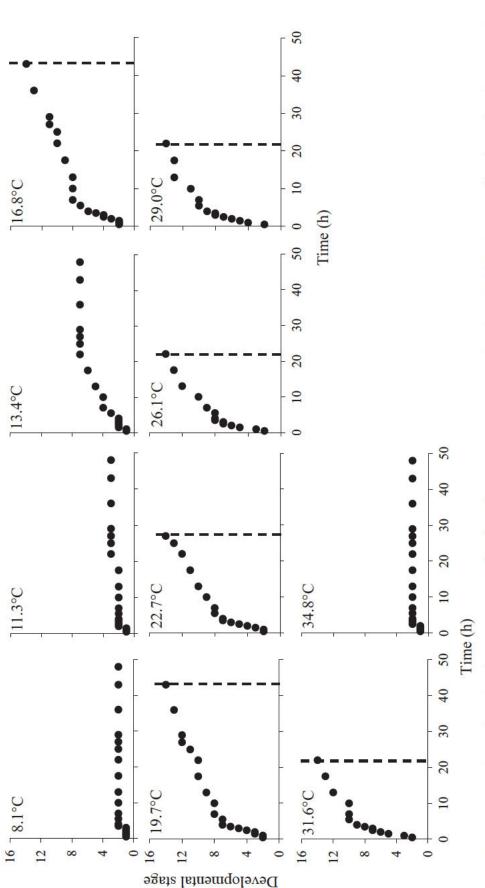


Fig. 5. Temperature-dependent development rates of Heliocidaris crassispina reared at 8.1-34.8°C. Stages of embryo development: Stage 1. unfertilized egg; 2. fertilized egg; 3. 2-cell; 4. 4-cell; 5. 8-cell; 6. 16-cell; 7. 32-cell; 8. early blastula; 9. hatched blastula; 10. early gastrula; 11. Gastrula; 12. early prism; 13. prism; 14. early pluteus. Broken vertical lines indicate the minimum time required to reach early pluteus.

Table 1.

3).	
86–2018) (n = 33)	
Ű	
1986–2018) (n	
018	
2	
86	
(19	
rs (
/ea	
33	
off Unosaki near Toga Bay by month and annual average for 33 years (1)	
fo	
lge	
era	
av	
annual a	
IUU	
d a	
th and a	
th	
lon	
/ 111	
by	
Toga Bay by	
аB	
60 0	
Ľ	
ear	
a. D	
sak	
nos	
ff Une	
off	
Ite	
ratu	
(1)	
lu	
r te	
ateı	
IWS	
sea	
e	
rag	
ds in average seawater te	
in ;	
ds	
en	
g trends in average seawater temp	
ming tr	
<u> </u>	
Wa	

c.	avg.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
r (0.531	0.343 0.044	0.044	0.089	0.332	0.706	0.706	0.856	0.636	0.102	0.297	0.324	0.307
) d	0.002	0.063	0.063 0.817	0.639	0.073	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.591	0.112	0.081	0.082

Statistically significant differences (p < 0.05) are shown in bold.

論文審査の結果の要旨及び担当者

審 査 委 員 主査:教授 吾妻 行雄 副査:教授 尾定 誠 教授 大越 和加 学位論 文 題 目 Ecorphysiological study on reproduction of the range-extended sea urchin <i>Heliocidaris crussispina</i> (分布拡大したムラサキウニの再生産に関する生理生態 空的研究) 金 文 審 査 の 結 果 の 要 旨 上を、海洋の高水温化の運行にともない、海洋牛物の高線度への分布の拡大がみられている。2014 年8 月になれ国具現産半島戸賀湾の湖下帯表所において、数年前まで優占して分布していたキタムラサキ ウニがらムラサキウニへの種の交替がもたらされた要因と交替したムラサキウニの再生産への寄与 について生理生態学的に思らかにする。 Aラサキウニの運動物に相当する8 月に、戸賀湾水深 3-5m のヨレモク 群常および地理的分布の中 心に位置する福井県小浜市沿岸水深 3m の無面サンゴモ群音で、各約100個体を気性な展し、現 地別に牛運巣の発達と早齢を調かした。年級疑組成は南地区とも相PO毎年の加入を示した。性比 は戸賀湾では有意に雌へ偏り、小浜では雌雄の偏りはなかった。両地区で即単は一部放出期と放出期 であった。精巣は戸賀湾で成長期と中熱を調水で、年級疑組成は南地区とも相PO毎年の加入を示した。(株比 は戸賀湾では有意に雌へ偏口、小浜では雌雄の偏りはなかった。岡地区で即単は一部放出期を放出期 であった。無線シア町湾湾は小浜に比べてより現れていた。雄士道館にたべまりを低木温 「戸賀湾でとは有意した。のすり、小浜では雌雄のの協力が見たいこ戸賀湾のムラサキウニの 分布拡大は夏季の産卵類の水温上昇に起因すると考えられた。戸賀湾で特撮の成熟が遅れる変固を検 動かる保障(小浜))に影響をされやすいとが姿された。長期の水温変化なら戸程湾のなみうサキウニの 分布拡大は夏季の産卵類の水温上昇に起因すると考えられた。戸賀湾でお単のの裁が遅れる変固を検 動する生殖風の類応に満した。同復期から成長期に生殖地に含有もたのパクリを中ウニ のたえ、「根本型」に満足したのに、 対して、冬春間は上昇に成前前期、9-10 月に放出期に移行し、精子形成は影形成よりも1 ヶ月遅れ、 置野店間地なかった。同復期から成長期に生地通知になく、冬季のの木油 軍で精製へのタンパク質の蓄積が不十分であることたたよっ一方、低水温が減量分裂による細胞増 殖を田舎して、精子形成に負の影響を与えるのからしわれない、 2018 年 6 月と 12 月に戸賀湾と宮城県志津川湾において、それぞれムラサキウニ維人に対して、戸賀湾のムラサキウニ維接の自動と比れない 2018 年 6 月と 12 月に戸賀湾と宮城県志津川湾において、それぞれ太ラサキウンモ維トク 高水温で耐性があり、より低水温で耐性はなかった。受精から幼生に至る発音重度を 8-36000 しれない 2010 木塁下で調へた満駅、至面水温は16.8-29 00 できり、その町初の戸秋雪の 方本地上ののタンパクラで地内では「白」の大量のからた。一方 低水温で耐強に同動しないった。同類からもたれない	氏 名 WENPING FENG
学位論文題目 Hehocidaris crassispina (分布拡大したムラサキウニの再生産に関する生理生態 学的研究) 論文審査の結果の要旨 近年、海洋の高木温化の進行にともない、海洋生物の高緯度への分布の拡大がみられている。2014 年8月に秋田県男鹿半島戸賀湾の潮下帯決所において、数年前まで優占して分布していたキタムラサ キウニがみられず、ムラサキウニが優占して分布していることが確認された。本研究はキタムラサキ ウニがらムラサキウニの種の交替がもたらされた要因と交替したムラサキウにの事生産への寄与 について生理生態学的に明らかにする。 ムラサキウニの産卵期に相当する8月に、戸賀湾水深 3-5m のヨレモク群落および地理的分布の中 心に位置する福井県小浜市沿岸水深 3m の熊筋サンゴモ群落で、6約 100 個体を無作為に採起し、雌 雄別に生殖巣の発達数階と生飾を選べた。年級群組成は両地区とも稀仔の毎年の加入を示した。性比 は戸賀湾では有意に雌へ偏り、小浜では雌雄の偏りはなかった。両地区で卵巣は一部放出期と放出期 であった。精巣は戸賀湾で成長期と成熟前期、小浜では成熟前期と成熟後期と同地辺で精巣の発達は 卵巣りも遅れ、戸賀湾は小浜に比べてより遅れていた。雄は雄に比べてより個本福(戸賀湾)と食 物の低保障(小菜)に影響をされやすいと示咳された。長期の水温変化から戸賀湾のの入ラサキウニの 分布拡大は夏季の産卵期の水温上昇に起因すると考えられた。戸賀湾では不多にの美化・範囲 進行した。これに対して、精 単するため、雌雄の季節的な生殖巣の発達過程おこび生殖巣、消化管、消化管内容物の体重重量比と、 水温、生殖巣、消化管、消化管の物の CN 含有量と CN Lの関係を調べた。本種は雌雄で年 1 回産 卵する生殖周期を示した。卵巣は 6-7 月に成熟前期、8-9 月に放出期に移行した。これに対して、精 単は6 月に成長期、7 月に成熟前期、9-10 月に放出期に移行した。これに対して、精 単は6 月に成長期、7 月に成熟前期、9-9 月に放出期に移行した。これに対して、精 単なして、時子形成は卵形成よりも1ヶ月遅れ、 産卵は雌雄症で明瞭に同調しなかった。回復期から成長期に生殖巣に含有されるタンパク質は雄が睡より も多い既往の研究に対して、戸賀湾のムラサキウニ生殖巣の N 含有量に雌雄差はなく、冬季の低水温 下で精巣へのタンパク質の蓄積が不十分であることを示した。一方、低木温が減数分裂による細胞増 殖を阻害して、精子形成は気があた。」の多力サキウニ生殖巣のN 含有量に雌雄差になく、冬季の低水温 下で精巣へのタンパク質の苦積が不十分であることを示した。うち、低水温が減数分裂による細胞増 殖を目にして、精子形成に負の苦檀が中分かさ。ションド体と気質がもちろクンパク質は起が確より も多い既往の研究に対して、デ賀湾のムラサキウニ生殖巣のN 含有量に雌雄症はなく、冬季の低水温 たいこう、115年形成は卵形成よりあるクシパク質は超が確より も多い既往の研究に対して、「智賀湾のムラサキウニ生殖巣のN 含有量に一般生な見をいた。 2018年6月と12月に戸賀湾と宮城県北違川湾において、それぞれムラサキウニとキタムラサキウ 二の稲行を結れ、二のサウモキュのかった。受情から均定に立るキュの子ではない。 2018年6月と2012に、第二切前の、2015年6月の一般にするため。こと考えるのかられて、それば白いためのためを割したかった。 夏浩な山で前本となかった。山を引きためのとなるためでにこる発行にためのこと 市で間本の近く食がやすい。ころがら均生に至る発音がためすい。2015年6月と12月に一般にするためのというためため 定ちためため、ためためのためためためのためを引きためためでに器ので用地増な ないためのためためためためためたる。そりためための、2015年6月の主ののどに間のない、そして開始でのきかでので部のかため こればて新行形なら、20年6月となんなら、20年6日の大きなろクシャキューなのためためためためためためためためためためで、20年700000000000000000000000000000000000	
近年、海洋の高水温化の進行にともない、海洋生物の高緯度への分布の拡大がみられている。2014 年8月に秋田県男鹿半島戸賀湾の潮下帯浅所において、数年前まで優占して分布していたキタムラサ キウニがみられず、ムラサキウニンが優占して分布していることが確認された。本研究はキタムラサ キウニがみられず、ムラサキウニンが優占して分布していることが確認された。本研究はキタムラサ キウニがみられず、ムラサキウニの種の交替がもたらされた要因と交替したムラサキウニの再生産への寄与 について生理生態学的に明らかにする。 ムラサキウニの産卵期に相当する8月に、戸賀湾水深 3-5m のヨレモク群落および地理的分布の中 心に位置する福井県小浜市沿岸水深 3m の無節サンゴモ群落で、各約 100 個体を無作為に採集し、雌 雄別に生殖巣の発達段階と年齢を調べた。年級群組成は同地区とも稚仔の毎年の加入を示した。性比 は戸賀湾では有意に雌へ偏り、小浜では雌雄の個りはなかった。両地区で卵巣し一部放出期と放出期 であった。精巣は戸賀湾で成長期と成熟前期、小浜では成熟前期と成熟後期と両地区で精巣の発達は 卵巣よりも遅れ、戸賀湾に成長期と成熟前期、小浜では成熟前期と成熟後期と両地区で精巣の発達は 北方もた。精巣は戸賀湾で成長期と成熟前期、小浜では成熟前期と成熟後期と同地区で精巣の発達は 非常あった。精巣は戸賀湾で成長期とは熟新期、小浜では成熟前期、2000万で う布拡大は夏季の産卵期の水温上昇に起因すると考えられた。戸賀湾で精巣の成熟が遅れる要因を検 証するため、雌雄の季節的な生殖巣の発達過程および生殖巣、消化管、消化管内容物の体重重量比と、 水温、生殖巣、消化管、消化管内容物のCN 含有量と C/N 比の関係を調べた。本種は雌雄で年1 回産 卵する生殖周期を示した。卵巣は 6-7 月に成熟前期、8-9 月に放出期に移行した。これに対して、精 単する生殖周期を示した。卵巣は 6-7 月に成熟前期、8-9 月に放出期形成はりも1ヶ月遅れ、 産卵は雌雄で明瞭に同調しなかった。過復期から成長期に生殖巣に含有されるタンパク質は雄が雌より も1ヶ月遅れ、 産卵は雌雄でで明瞭に同調しなかった。回復期から成長期に生殖巣に含有たんラサキウニとキタムラサキウー が対して、冬季間は上昇したかった。回復期から成長期に生殖巣に含着されるタンパク質は雄が雌より も1ヶ月遅れ のタンパク質の蓄積が不十分であることを示した。一方、低水温が減数分裂による細胞増 殖を間害して、案手術に負の影響を与えるのかもしれない。 2018 年 6 月 と 12 月に戸賀湾と宮城県志津川湾において、それぞれんムラサキウニとキタムラサキウ の稚仔を採集し、室内循環水槽により水温のしたく、それぞれんムラサキウニとキタムラサキウ の糖仔を採集し、室内循環水槽によりかった。受精から幼生に至る発育速度を8-350のかまし。 10 水温でご都本に結果、至適水温は16.8-29.0℃であり、その時期の戸賀湾の水温範囲にあっのた。 戸賀湾のムラサキウ=一成本週に振っれ一次、000000000000000000000000000000000000	学位論文題目 Heliocidaris crassispina (分布拡大したムラサキウニの再生産に関する生理生態
年8月に秋田県男鹿半島戸賀湾の潮下帯浅所において、数年前まで優占して分布していたキタムラサ キウニがみられず、ムラサキウニが優占して分布していることが確認された。本研究はキタムラサキ ウニからムラサキウニへの種の交替がもたらされた要因と交替したムラサキウニの再生産への寄与 について生理生態学的に明らかにする。 ムラサキウニの産卵期に相当する8月に、戸賀湾水深3-5mのヨレモク群落および地理的分布の中 心に位置する福井県小浜市沿岸水深3mの無節サンゴモ群落で、各約100個体を無作為に採集し、雌 雄別に生殖巣の発達段階と年齢を調べた。年級群組成は両地区とも稚仔の毎年の加入を示した。他比 は戸賀湾では有意に雌〜偏り、小浜では雌雄の偏りはなかった。両地区で卵巣は一部放出期と放出期 であった。精巣は戸賀湾で成長期と成熟前期、小浜では成熟前期と広熱後期と両地区で精巣の発達は 卵巣よりも遅れ、戸賀湾は小浜に比べてより遅れていた。雄は雌に比べてより低水温(戸賀湾)と食 物の低保障(小浜)に影響をされやすいと示唆された。長期の水温変化がら戸賀湾のムラサキウニの 分布拡大は夏季の産卵期の水温上昇に起因すると考えられた。戸賀湾で精巣の成熟が遅れる要因を検 証するため、雌雄の季節的な生殖巣の発達過程および生殖巣、消化管、消化管内容物の体重量比と、 木温、生殖巣、消化管、消化管内容物のCN含有量とC/N比の関係を調べた。本種は雌雄で年1回産 卵する生殖周期を示した。卵巣は6-7月に成熟前期、8-9月に放出期に移行した。これに対して、精 単は6月に成長期、7月に成熟前期、9-10月に放出期に移行し、精子形成は卵形成よりも1ヶ月遅れ、 産卵は雌雄で明瞭に同調しなかった。固復期から成長期に生殖巣に含有されるタンパク質は雄が雌より も多い既往の研究に対して、戸賀湾のムラサキウニ生殖巣のN含有量に雌雄差はなく、冬季の低水温 下で精巣へのタンパク質の蓄積が不十分であることを示した。一方、低水温が減数分裂による細胞増 殖を阻害して、精子形成に負の影響を与えるのかもしれない。 2018年6月と12月に戸賀湾宮で広ムラサキウニ生種使の行動と摂餌はキタムラサキウニ維仔より 高水温で耐性があり、より低水温で耐性はなかった。受精から幼生に至る客育速度を8-35℃の風なる 10水温下で調べた結果、至適水温は16.8-29.0℃であり、その時期の戸賀湾の水温範囲にあった。 戸賀湾のムラサキウニ成体の雌に偏った性比、雄の成熟の遅れ、そして同調しない雌雄恋さム。かも形式 2015年未来、至適水温で耐性はなかった。受精から幼をに至る客店速を書のため、日本畑であった。 戸賀湾のムラサキセー或体の雌に偏ったたちされている可能性が考えられる。日本海中部海域は過 10 年間で日本周辺海域の中で1.7℃と水温がもっと登買する海藻はコンブ目からは パマタ目へ交替しており、ムラサキウニには良好な食物環境になると想定される。高水温化とより	論文審査の結果の要旨
から、審査員一同、博士(農学)の学位を授与に値すると判断した。	近年、海洋の高水温化の進行にともない、海洋生物の高緯度への分布の拡大がみられている。2014 年8月に秋田県男鹿半島戸賀湾の潮下帯浅所において、数年前まで優占して分布していたキタムラサ キウニがみられず、ムラサキウニが優占して分布していることが確認された。本研究はキタムラサ キウニがみられず、ムラサキウニが優占して分布していることが確認された。本研究はキタムラサ キウニがみられず、ムラサキウニが優占して分布していることが確認された。本研究はキタムラサ ウニからムラサキウニへの種の交替がもたらされた要因と交替したムラサキウニの甲生産への寄与 について生理生態学的に明らかにする。 ムラサキウニの産卵期に相当する8月に、戸賀湾水深 3-5m のヨレモク群落および地理的分布の中 心に位置する福井県小浜市沿岸水深 3m の無節サンゴモ群落で、各約100 個体を無作為に採集し、雌 雄別に生殖巣の発達段階と年齢を調べた。年級群組成は両地区とも稚仔の毎年の加入を示した。性比 は戸賀湾では有意に地へ偏り、小派では雌雄の個りはなかった。高一地区で卵巣は一部放出期と放出期 であった。精巣は戸賀湾では長期と成熟前期、小浜では成熟前期と成熟後期と両地区で精巣の発達は 卵巣よりも遅れ、戸賀湾は小浜に比べてより遅れていた。雄は雌に比べてより低水温(戸賀湾)と食 物の低保障(小浜)に影響をされやすいと示唆された。長期の水温変化から戸賀湾のムラサキウニの 分布拡大は夏季の産抑期の水温上昇に起因すると考とられた。戸賀湾で特巣の成熟が遅れる双呂を検 証するため、雌雄の季節的な生殖巣の発達過程および生殖巣、消化管、消化管内容物の体重重量比と、 水温、生殖巣、消化管、消化管内容物のCN含有量とC/N比の関係を調べた。本種は雌雄で年1回屋 卵する生殖周期を示した。卵巣は6-7月に成熟前期、8-9月に放出期に移行した。これに対して、精 単は6月に成長期、7月に成熟前期、8-9月に放出期に移行した。これに対して、大 巣は6月に成長期、7月に成熟前期、8-9月に放出期に移行した。これに対して、未 単にないた。回復期から成長期に生殖巣に含有されるタンパク質は雄が雌より も多い既往の研究に対して、戸賀湾のムラサキウニ生殖巣に約含有たがあタンパク質の苦積が不十分であることを示した。一方、低水温が減数分裂による細胞増 殖を阻害して、精子形成に負の影響を与えるのかもしれない。 2018年6月と12月に戸賀湾と宮城県志津川湾に訪いて、それぞれムラサキウニとをやらムラサキウ これになめり、より低水温で耐性はなかった。受精から幼生に至る発育速度を8-35℃の丸た。 月空湾のムラサキウニを稚くの新したく2010)が完と上がり"と"口器の反射 殖を配書して、精子形成に負の影響を与えるのかもしれない。 2018年6月と12月に戸賀湾と宮城県志津川湾に訪いて、それるカムラサキウニと作々の気が低い ための、より低水温で耐性はなかった。受精から幼生に至る発育速度を8-35℃の異か ため。水温で耐性により水温の上昇と下降(2.5℃周)が完き上がり"と"口器の反射 地を10本見でがたちの、受持から幼生に至る発育速度を8-35℃の異な 10 水温で耐性があり、より低水温で耐性はなかった。受精から幼生に至る発育速度を8-35℃の風な 10 水温で耐性があり、より低水温で耐性はなかった。受精から幼生に至る発育速度を8-35℃の現な 10 水温で耐性があり、より低い能の近期のためまりです。5-8 月の存でれるういとり気が現 点で配すたちの。日間のためまないためまためない。 2018年6月と12月に下賀市で新しためすための、25-200年の存在しための、より低水 地で耐化保障のがため。5-20本見のため、5-20時辺の水温範囲を1-20年の存在しため 7-20番枝の本見の水温で耐化によりりためためまででるの未知のがたちための水温であっためまの 10 水温でごな結果菜(1)を2)を小さる、5-20月の水温範囲にあった。 戸賀湾のムラ中やりための水温で着えためまためためない。2 2018年6月と12月に戸賀湾と宮城北北北北北北北北北北北北北北北北北北北北北北北北北北北北北北北北北北北北