

学 位 論 文 要 旨

氏 名 リデマン

題 目

日本およびインドネシア産カラギーナン原藻（紅藻カタメンキリンサイ、トゲキリンサイ、キリンサイ、キクトサカ、トサカノリならびに *Kappaphycus* sp.）の生理学的研究(Physiological Study of Carrageenophytes (*Betaphycus gelatinus*, *Eucheuma serra*, *E. denticulatum*, *Meristotheca coacta*, *M. papulosa* and *Kappaphycus* sp., Rhodophyta) from Japan and Indonesia)

紅藻カタメンキリンサイ (*Betaphycus gelatinus*)、トゲキリンサイ (*Eucheuma serra*)、キリンサイ (*E. denticulatum*)、キクトサカ (*Meristotheca coacta*)、トサカノリ (*M. papulosa*) ならびに *Kappaphycus* sp. (Sumba strain) (ミリン科) の生長と光合成活性に及ぼす温度と光量の影響を明らかにした。

まず、カタメンキリンサイ、トゲキリンサイとトサカノリの生長と光合成活性に与える水温と光度の影響を室内実験により明らかにした。それによればカタメンキリンサイとトゲキリンサイの生長速度は 24 - 28°C で最大となったのに対し、トサカノリは 22 ~ 24°C で最大となった。また、24°C における飽和光度を酸素電極を用いて測定したところ、各々 94.9、69.4 と 35.4 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の値を示した。ちなみに、カタメンキリンサイは沖縄県石垣島においては周年にわたり生育するが、九州南部に生育するトサカノリやトゲキリンサイは 5 ~ 7 月に最大となる種である。

つぎに、PAM 光合成測定器 (Imaging-PAM) を用いてキクトサカとトサカノリの光合成に及ぼす温度と光度の影響を明らかにした。それによれば 18 - 28°C における両種の光合成有効放射 (PAR_{sat}) は温度の上昇にともなって増加した。この結果は、本種を培養する上で考慮されるべきであり、九州南部においては 5 - 8 月が生長に適することが証明された。

さらに、インドネシア南スラウェシ産のキリンサイと *Kappaphycus* sp. (Sumba 株) の光合成活性を水中用 Diving-PAM によって測定した。それによれば、22-32°C の温度範囲においては温度上昇にともない PAR_{sat} も増加することが分かったが、これはインドネシアの水温域での生長を裏付けるものであった。

本研究はこれらのカラギーナン含有藻類を養殖する時に必要な知見を得るのみならず、地球温暖化にともなう地理的分布を予想するために必要とされよう。

学 位 論 文 要 旨

氏 名 LIDEMAN

題 目

Physiological Study of Carrageenophytes (*Betaphycus gelatinus*, *Eucheuma serra*, *E. denticulatum*, *Meristotheca coacta*, *M. papulosa* and *Kappaphycus* sp., Rhodophyta) from Japan and Indonesia (日本およびインドネシア産カラギーナン原藻(紅藻カタクメキリンサイ、トゲキリンサイ、キリンサイ、キクトサカ、トサカノリならびに *Kappaphycus* sp.) の生理学的研究)

Some species of Solieriaceae (Rhodophyta, Red Algae) i.e *Betaphycus gelatinus*, *Eucheuma serra*, *E. denticulatum*, *Meristotheca coacta*, *M. papulosa* and *Kappaphycus* sp. (Sumba strain) were used in study in order to examine their physiological activities based on their growth and photosynthetic performance affected by environmental factors especially temperature and light. This study was conducted base on a necessary to cultivate of these seaweeds because of their carrageenan content, intense harvesting in their habitat and the ocean global warming issue. Japan is one of the largest carrageenan importing countries in the world and the warm seawater area in southern part of Japan could be used in order to cultivate these carrageenophytes (macroalgae as a source of carrageenan) and to prevent them from over harvesting as edible seaweeds. Furthermore, increasing temperatures as a result of global warming may lead these macroalgae to change in spatial distribution in the future. However, there was a lack of basic information on how to cultivate these macroalgae, especially Japanese species.

An *in vitro* growth and photosynthesis study of *B. gelatinus*, *E. serra* and *M. papulosa* affected by temperatures and light were conducted. The growth rate of *B. gelatinus* and *E. serra* were optimum at temperature 24 to 28 °C and for *M. papulosa*, it was at temperature of 22 - 24 °C. At temperature 24 °C, *B. gelatinus*, *E. serra* and *M. papulosa* reached their saturating irradiance at 94.9, 69.4 and 35.4 $\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{s}^{-1}$, respectively. The cultivation of *B. gelatinus* can be conducted throughout a year in Ishigaki Is. (Okinawa), while for *M. papulosa* and *E. serra* cultivation is possible from May to July in southern part of Kyushu Is. (Kagoshima and Miyazaki Prefectures).

The author used the pulse amplitude modulated (PAM)-chlorophyll fluorometry (Imaging-PAM) in order to examine photosynthetic parameters of *M. coacta* and *M. papulosa* affected by temperatures and light. This equipment has been used for some seagrasses as well as terrestrial plants and can be applied quickly and efficiently in analyzing of photosynthetic response from the intact plants. Both species required temperatures ranging from 18 to 28 °C and the saturating photosynthetic active radiation (PAR_{sat}) increased with increasing temperatures. We provided equations of relation among the photosynthetic parameters and temperatures which should be the useful to design and manage the program of mariculture and tank cultivation system. We suggest that both of the species can be successfully cultivated from April to August in Kyusyu Island (Kumamoto, Kagoshima and Miyazaki Prefecture).

Finally, the photosynthetic performances of tropical carrageenophyte species affected by temperatures and light were also investigated in Chapter 4. Cultured *E. denticulatum* and *Kappaphycus* sp. (Sumba strain) were collected at farming area in Funaga, South Sulawesi (Indonesia). PAM-chlorophyll fluorometry (Diving-PAM) was used to examine photosynthetic parameters. These results suggest that the optimal temperatures of these two species is most likely with the range of 22 to 32 °C, and corresponds well to surface temperature recorded in Indonesian ocean. Similar with result in chapter 3, PAR_{sat} value of *E. denticulatum* and *Kappaphycus* sp. measured in this study increased with increasing of water temperature.

学位論文審査結果の要旨

学位申請者 氏 名	Lideman
審査委員	主査 鹿児島大学 教授 野 呂 忠 秀
	副査 鹿児島大学 教授 小 山 次 朗
	副査 鹿児島大学 准教授 寺 田 竜 太
	副査 鹿児島大学 教授 前 田 広 人
	副査 鹿児島大学 教授 富 永 茂 人
審査協力者	
題 目	<p>Physiological Study of Carrageenophytes (<i>Betaphycus gelatinus</i>, <i>Eucheuma serra</i>, <i>E. denticulatum</i>, <i>Meristotheca coacta</i>, <i>M. papulosa</i> and <i>Kappaphycus</i> sp., Rhodophyta) from Japan and Indonesia</p> <p>(日本およびインドネシア産カラギーナン原藻(紅藻カタメンキリンサイ、トゲキリンサイ、キリンサイ、キクトサカ、トサカノリならびに <i>Kappaphycus</i> sp.) の生理学的研究)</p>
<p>カラギーナン (Carrageenan) は紅藻由来の粘性多糖類で、アイスクリームの増粘剤や、ペットフードのゲル化剤などさまざまな食品や医薬品に用いられ近年その需要が世界的に増加し、フィリピンやインドネシアでは原藻であるキリンサイ類の養殖が盛んに行われている。また、これら紅藻は、ロープに母藻を挟み込んで栽培すると数ヶ月後には収穫できることから、資本を持たない零細漁民でも現金収入につながり、FAOはその養殖を漁村振興の手段として推奨している。</p> <p>申請者はインドネシアの国立水産研究所においてこのキリンサイ類の養殖や漁業者への普及活動に従事した経験を有することから、当連大においてこれら紅藻類の生長と光合成活性におよぼす水温と光量の影響を明らかにした。</p>	

研究に用いた材料は、インドネシアならびに南日本産の紅藻カタメンキンサイ (*Betaphycus gelatinus*)、トゲキンサイ (*Eucheuma serra*)、キンサイ (*E. denticulatum*)、キクトサカ (*Meristotheca coacta*)、トサカノリ (*M. papulosa*) ならびに *Kappaphycus* sp. (Sumba strain) (ミリン科) であった。

まず、カタメンキンサイ、トゲキンサイとトサカノリの生長と光合成活性に与える水温と光度の影響を室内実験により明らかにした。それによればカタメンキンサイとトゲキンサイの生長速度は 24~28°C で最大となったのに対し、トサカノリは 22~24°C で最大となった。また、24°C における飽和光度を酸素電極を用いて測定したところ、各々 94.9、69.4 と 35.4 μ mol photons $m^{-2} s^{-1}$ の値を示した。ちなみに、カタメンキンサイは沖縄県石垣島においては周年にわたり生育するが、九州南部に生育するトサカノリやトゲキンサイは 5~7 月に最大となる種である。

次に、PAM 光合成測定器 (Imaging-PAM) を用いてキクトサカとトサカノリの光合成に及ぼす温度と光度の影響を明らかにした。それによれば 18~28°C における両種の光合成有効放射 (PAR_{sat}) は温度の上昇にともなって増加した。この結果は、本種を培養する上で考慮されるべきであり、九州南部においては 5~8 月が生長に適することが証明された。

さらに、インドネシア南スラウェシ産のキンサイと *Kappaphycus* sp. (Sumba 株) の光合成活性を水中用 Diving-PAM によって測定した。それによれば、22-32°C の温度範囲においては温度上昇にともない PAR_{sat} も増加することが分かったが、これはインドネシアの水温域での生長を裏付けるものであった。

本研究はこれらのカラギーナン含有藻類を養殖する時に必要な知見を得るのみならず、地球温暖化にともなう地理的分布を予想するために必要とされるものであった。

本研究は、インドネシアで PAM を用いて藻類の光合成を調べた初めての例である。また、有用紅藻キンサイの生長におよぼす環境要因の影響が明らかになり、その養殖技術に大きく貢献するものであった。主査をはじめとする審査委員全員は、この学位論文の内容を慎重に検討したが、博士 (水産学) の学位の授与が適当と判断した。

最終試験結果の要旨

学位申請者 氏名	Lideman
審査委員	主査 鹿児島大学 教授 野呂忠秀
	副査 鹿児島大学 教授 小山次朗
	副査 鹿児島大学 准教授 寺田竜太
	副査 鹿児島大学 教授 前田広人
	副査 鹿児島大学 教授 冨永茂人
審査協力者	
実施年月日	平成24年7月24日

試験方法 (該当のものを○で囲むこと。)

口答・筆答

主査及び副査は、平成24年7月24日の公開審査会において学位申請者に対して、学位申請論文の内容について説明を求め、関連事項について試問を行った。具体的には別紙のような質疑応答がなされ、いずれも満足できる回答を得ることができた。

以上の結果から、審査委員会は申請者が博士(水産学)の学位を受けるに必要な十分の学力ならびに識見を有すると認めた。

学位申請者 氏名	Lideman
-------------	---------

[質問 1] 温度による光合成活性の特異性がすべての種によって異なるのはなぜか？

[回答 1] 地理的分布や生育水深の違いなどによる種の特異性が反映されたもの。

[質問 2] 光合成実験は無菌株を用いて行われたものか？

[回答 2] 実験に用いた個体は洗浄し、培養実験も滅菌海水を用いた。無菌株を用いた実験ではないが、培地に有機物が含まれていないことから細菌の影響は無視できると考えている。

[質問 3] 光合成実験を行った培地にはどのような栄養塩を加えたのか？

[回答 3] 滅菌ろ過海水をそのまま用いたので、窒素や磷や重金属等の栄養塩は・科していない。つまり本研究では栄養塩濃度が光合成に与える影響は調べてない。

[質問 4] 酸素電極を用いた光合成実験では、補償点が読み取れるが、PAMを用いた実験結果には補償点がないのは何故か？

[回答 4] 酸素電極法では見かけの光合成を測定しているので、呼吸との差で酸素放出量が相殺されると補償点となる。しかし、PAMでは純光合成量を蛍光の励起で測定しているので、補償点は現れない。

[質問 5] 光合成は培地中の二酸化炭素濃度の影響を受けると思うが？

[回答 5] 今回は培地中の二酸化炭素は測定していないが、実験条件は同じなのでその濃度はほぼ近似していると考える。

[質問 6] トサカノリの光合成活性は $16^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ で高い値を示した。これは至適温度がこの範囲にあるのではなく、この範囲内で生存可能であるということでは？

[回答 6] その通りだと思う。実際には温度の上昇により増加するので、光合成の至適水温が生育の至適温度と一致しないこともある。

[質問 7] 今回の光合成活性の特異性は、天然での垂直分布と一致するか。

[回答 7] 生態的な垂直分布と大旨合致している。

以上