昭和 41 年度岡田賞受賞記念講演

海洋中のキチン分解に関する微生物学的研究*

関 文 威**

海洋中においては、海産諸動物の生体構成物質として莫大な量のキチンが生産されているにもかかわらず、海底の堆積物中からはほとんど検出されない。このことは、安定した含窒素多糖類で、分解され難いものの一つとされているキチンも、海洋中では分解無機化が滞りなく行なわれていることを示すものであって、その役割を果たしているものの主体は、キチン分解能を有する微生物群であると考えられる。

したがって、キチン分解機構についての海洋微生物学的研究は、海洋中における物質循環の一環を知る上で重要な意義を有すると考えられるが、現在なお散発的な研究がみられるに止まり、未だ十分な成果が得られていない。

本研究は海洋中のキチン分解微生物について、その種類、分布、消長ならびに生理生態的特性など一連の研究を行なったものであり、得られた結果の概要は次のとおりである。

1. 海洋中におけるキチン分解微生物の種類と分布

相模湾は水平的にも鉛直的にも、いくつかの異った水塊が存在する外洋性の海湾であるが、同湾中で検出されるキチン分解微生物の主要な種類は、その総てが *Beneckea* に属する海洋細菌であって、それらは次の五つの型に分類される。

Type IN (*Beneckea indolthetica* 類似菌)

Type CH (*Beneckea chitinovora* 類似菌)

Type LI (*Beneckea lipophaga* 類似菌)

Type HY (*Beneckea hyperoptica* 類似菌)

Type LA (*Beneckea labra* 類似菌)

この他 *Pseudomonas*, *Vibrio* に属するキチン分解菌も、主に沿岸水域に出現するが、*Beneckea* に属する分解菌に比べると、キチン分解能は著しく弱い。

キチン分解菌は、相模湾内の水塊によって出現種の卓越性が異り、黒潮系水塊では Type IN が、また、中層

の親潮潜流系水塊では Type HY が周年優位に出現する。これに対して、沿岸水域においては、夏期には Type IN が、また、冬期には Type HY がそれぞれ優位性を示す。

Fig. 1. Distribution of chitinoclastic bacteria at Station 2 (34°53'N, 139°25'E) in the Sagami Bay, September, 1964.

海洋中におけるキチン分解菌の量的分布については、不均一性と局所性とは著しい特徴の一つであって、この現象は同一水塊内においても、水平的ならびに鉛直的に通常観察される。季節的な消長としては、冬期から夏期にかけて増加の傾向がみられ、逆に夏期から冬期にかけては減少する。

海中のキチン分解菌は、他の有機栄養細菌と同様に、その大部分は生物の分解過程である有機懸濁物の表面に付着の状態で存在している。したがって、上述のような分解菌の分布、消長も、主として海中の懸濁物の質と量との分布、消長に対応して生じると考えられる。

* 1966 年 4 月 8 日 東京大学農学部において講演
Microbiological Studies on the Decomposition of Chitin in Marine Environment

** Humitake SEKI 東京大学海洋研究所 Ocean Research Institute, University of Tokyo

Fig. 2. Seasonal fluctuation of the population of chitinoclastic bacteria, which were collected on Chitin Medium, at Aburatsubo Inlet.

相模湾沿岸部の油壺湾において、懸濁物の量を基準に、これと菌数との関係を調べた結果によると、その乾量（湿重量のほぼ 1/10 に相当する）1g 当りに付着しているキチン分解菌の総菌数は、年間 $10^5 \sim 10^8$ 個の間に変動し、季節的には夏期から秋期に高い値がみられる。この場合の菌数の変動は、主として懸濁物の質的相違に起因すると考えられるが、比較のためキチンの分解

実験の際、キチンのみの基質 1g 当りに付着している菌数を調べた結果を参考として示すと、ほぼ 5×10^9 個で、海洋中ではみられない大きな値であった。

2. 環境諸要因との関係

温度：相模湾で分離された総てのキチン分解菌は Facultative psychrophile に属し、 $25 \sim 30^\circ\text{C}$ において極めて良好な発育を示すとともに、 0°C の低温においてもなお、生化学的活性を失うことはない。また、急激な温度低下に対しても強く、急速な冷却温度差が 15°C 以内ならば分解菌には致死的に作用しない。

塩分：キチン分解菌は、塩分濃度 3~4 % において良好な発育を行ない、0.5~12 % の広い濃度範囲で生存が可能であり、Slight halophile に属する典型的な海洋細菌とみなされる。

pH：キチン分解菌は pH 6.0~9.0 において良好な増殖を行ない、pH 5.0~10.0 の範囲では生存が可能である。

有機栄養源：*Beneckea* は、キチンのみを有機栄養源として利用することができ、必ずしも、他の栄養源を必要としない。この点は、*Pseudomonas*, *Vibrio*（相模湾

Fig. 3. Chitinoclastic bacteria attacking a dead brine shrimp.

Fig. 4. Bacterial population on putrefying brine shrimps in the natural sea water.

での分離種)に属する分解菌がキチンのみを有機栄養源として利用することができないのとは異った特性である。

また、有機栄養源を含まないシリカゲル海水培地を用いた飢餓試験の結果によると、キチン分解菌は 20°C で 8 日以内に死滅し、その半数致死日数は 3 日前後であるが、12時間までは総ての菌は生存する。飢餓に対してこの程度の抗性があることと、一方では通常1分間にだいたい 1 mm の運動力を有することからみて、海洋中におけるキチン分解菌の基質から基質への移行は比較的容易に行なわれ得るものと推定される。

Fig. 5. Survival rate of each of the chitinoclastic bacteria after being stored without nutrient.

圧力: 加圧培養の結果によると、キチン分解菌は200気圧で生化学的活性ならびに増殖に阻害を受けるが、実験を行ない得た最高の 600 気圧においても斃死することはない。したがって、少くとも 6,000 m の深海においても生存は可能であり、キチン分解菌の圧力に対する抗性は、表層水塊のみから分離される他の海洋細菌群に比べて幾分大であると考えられる。

以上いくつかの環境要因に関して得られた実験結果を総合して判断すると、海洋中に優位に出現するキチン分解菌は、海洋の環境に極めてよく適応した微生物群であるとみなすことができる。

3. キチンの分解速度

海洋中の主要なキチン分解菌である *Beneckea* に属するすべての種類は、最適温度 (25°C) における分解速度にほとんど相違はなく、温度に関しての種特異性は認められない。最適温度以下の分解速度は、 15°C では 40% に、 5°C では 10% に、また、 0°C では 4% にそれぞれ低下する。

Fig. 6. Relationship between rate of chitin decomposition by Type IN and temperature.

海水培地へのペプトン、グルコースの添加は、キチン分解速度を僅かに上昇せしめる程度であってその影響は少ない。

菌が付着するキチン片の単位重量当たりの表面積の相違は、分解速度に大きな影響を与え、表面積の増大に伴って分解速度は増加する。しかし、付着して分解にたず

Fig. 7. Decomposition of molecular chitin in sea water medium and rough estimate of rate of decomposition.

さわっている一定菌量当たりの分解速度はほぼ一定で、最適温度 (25°C) においては、細菌当たり大体、 3.0×10^{-9} mg/day である。

よって、海中に普通に存在する懸濁物中のキチン片の大きさを 0.033 cm 以下とみなせば上の値を用いて、その分解速度を計算することができ、ほぼ、27 mg/day/g-chitin という結果が得られる。

また、これを基にして、相模湾内の異った水塊中でのキチン分解消失に要する大体の日数を推算することもできる。ただしこの場合、加圧培養で得られた水圧の影響の実験結果は、短時間内における急激な加圧の影響を示すものであって、実際の海中での水圧の影響はより少ないと考えられるのでこれを便宜上無視すれば、水温が主要な要素となり、15°C 以上の水温である表層水塊中においては、140 日以内に、5°C 前後の中層水塊中においては 370 日以内に、また、2°C 前後の底層水塊中においては 500 日以内に、それぞれキチン分解は完了するという結果が得られる。

4. 海底堆積物中のキチン分解

外洋においては、キチンは懸濁物として浮游中にその大部分が分解を完了すると推定されるが、沿岸の浅所などでは相当の残存部分が海底に沈降し、堆積物中においても微生物による分解が続けられる。

油壺湾の海底酸化層の湿重量 1 g 当たりには出現する分解菌数は、年間 $10^6 \sim 10^8$ 個の範囲内にあり、季節的には夏から秋にかけて高値を示す。このうち、 $10 \sim 10^2$

Fig. 8. Seasonal fluctuation of the bacterial population in the topmost layer of marine mud at Aburatsubo Inlet.

個は嫌気性分解菌によって占められる。したがって、海泥中のキチンは、一部は嫌気的にも分解されるが、その大部分は好気的に分解されるとみられ、しかも、それらの好気性菌は、海中の懸濁物中に優位に出現する分解菌と同種であることから、海中を浮游中の分解活動が海底でもそのまま引き続いて行なわれるものと考えられる。

海底酸化層は、有機物量、Eh, pH などの値からみて好気性キチン分解菌の活動にとっては、好適な条件を備えているが、特に酸化層の最上層に存在する、いわゆる“Sedimentationsmikrozone”での分解は活発で、海水における速度の約 2 倍に相当する。この層は夏期には著しく薄い層を形成しているが、冬期には厚味を増し、夏期のほぼ 2 倍に達する。しかし、冬期における分解速度は、温度の低下のため緩慢となり、夏期の 3 分の 1 程度に減退する。いずれにしても、底層水が無酸素状態となるような特別な場合を除き、海底におけるキチン分解

Fig. 9. Decomposition of chitin by the natural bacterial flora of marine mud in summer.

Fig. 10. Decomposition of chitin by the natural bacterial flora of marine mud in winter.

は、大部分が酸化層で完了すると考えられる。

一方、深海底におけるキチン分解菌の研究に関しては、水深 1,000 m 内外までの堆積物からは分解菌が検出され、その活動の存在が知られているに止まり、より深所については調査例も少なく、特に深海底については、ほとんど不明である。

本研究においては、日本海溝の 5,640 m の深海底から採取した放射虫軟泥 (Radiolarian ooze) の試料について、キチン分解菌の分離を行なう機会を得たが、その結果、常圧でも増殖する Type HY のキチン分解菌を分離し得た。定量的な取り扱いができなかったため量については不明であるが、このことは、深海堆積物中にお

いても、キチン分解菌の活動が存在することを示すものである。しかし、有機物量が少なく、水圧も大であることなどから、深海底では、底層水塊中におけると同様、キチン分解速度は緩慢であると推定される。

本研究に当たり、終始御懇切なる御指導を賜った東京大学名誉教授・松江吉行博士に心からの感謝の意を表す。また、実験を行なうに際しては、東京大学海洋研究所多賀信夫助教授、東京大学農学部新崎盛敏教授および、多くの方々に有益な御助言ならびに御協力をいただいたことを併せて感謝する。