

ベンケイガニの多脚自切除去による脱皮誘発

川崎医科大学 生物学教室

佐藤国康・松本邦夫

(昭和56年9月14日受理)

Molt Induction after Removal of Multiple Legs
by Autotomy in *Sesarmops intermedium*

Kuniyasu SATOH and Kunio MATSUMOTO
Department of Biology, Kawasaki Medical School
Kurashiki 701-01, Japan
(Received on Sept. 14. 1981)

近年、カニの脱皮誘発法として自切による多脚の除去がよく使われている。

汽水産のベンケイガニを材料として脱皮誘発における自切による多脚除去の有効性を調べた。脱皮間期に2脚を自切させ除去してもカニは除去後5ヶ月間以内には脱皮しなかった。一方、脱皮間期に多脚(6, 8又は10脚)を除去すると脱皮が誘発され、カニは失った脚の再生芽を形成し、やがて脱皮した。また、多脚除去により脱皮させたカニの10脚を脱皮後10日目に自切除去すると脱皮が誘発され、カニは失った脚を再生して前回の脱皮より短かい日数で脱皮した。

10脚除去は脱皮間期のカニに脱皮を誘発すること、また、脱皮後まもないカニでも脱皮誘発に有効な刺激であることが認められた。

Abstract

In recent years, the removal of multiple legs by autotomy has become a common means of inducing the molting in crabs.

The effectiveness of the removal of multiple legs by autotomy in inducing the molting was examined in a brackish crab, *Sesarmops intermedium*. The removal of two legs from an intermolt animal did not induce the molting within five months after the leg-removal. The removal of six, eight or ten legs by autotomy during the intermolt period induced the molting with leg-regeneration. Besides, the removal of ten legs by autotomy on the tenth day after the experimentally induced molting caused the molting with leg-regeneration. In this case, the molting occurred earlier than in the intermolt period.

In *Sesarmops intermedium*, the removal of ten legs is an effective stimulus to induce the molting in both intermolt and recently molted crabs.

緒 言

Skinner と Graham¹⁾ は *Gecarcinus lateralis* に6脚又は8脚を自切させ除去すると次の

脱皮の到来がはやまることを報告した。そして6種のカニを材料として多脚自切除去による脱皮誘発を調べ、5脚以上の脚除去が脱皮間期のカニの脱皮誘発に有効なことを報告した (Skinner と Graham²⁾)。これらの6種のカニのうち *Libinia emarginata* では6脚又は8脚除去は脱皮誘発の効果がなく、また *Gecarcinus lateralis* では5脚～8脚の除去は次の脱皮の到来をはやめるが、10脚除去はむしろ脱皮促進効果を抑えると述べている。

この多脚自切除去により脱皮させたカニの脱皮後の生存率は高く、今日では多くの研究室でカニの脱皮誘発刺激として利用されている。今日まで多脚自切による脱皮の誘発が認められている主な種は *Gecarcinus lateralis*¹⁾⁻⁶⁾, *Uca pugilator*^{2),7)-9)}, *Uca pugnax*^{2),8)}, *Carcinus maenus*²⁾, *Callinectes sapidus*²⁾, アカテガニ *Sesarma (Holometopus) haematocheir*¹⁰⁾, *Paratelphusa hydrodromous*¹¹⁾ である。多くの場合、脱皮間期に6脚又は8脚除去により脱皮が誘発されている。*Uca pugilator* では2脚～6脚除去により脱皮が誘発され、4脚除去の場合がもっともはや次の脱皮が起こっている⁹⁾。アカテガニ (甲幅12.0-15.0mm) でも脱皮直後に2脚～6脚除去により次の脱皮促進が知られている¹⁰⁾。

著者らも汽水産のベンケイガニ *Sesamops intermedium* で多脚の除去により脱皮間期の成体を脱皮させることに成功している。そして、6脚又は10脚自切除去は脱皮間期のカニの脱皮の誘発に有効であること、6脚¹²⁾又は10脚除去¹³⁾¹⁴⁾は脱皮後まもないカニでも脱皮誘発に有効な刺激であること、脱皮誘発刺激としての多脚除去のうちでは10脚除去がもっとも有効であること、また10脚除去から次の脱皮までの日数は雌では雄よりも短いことを認めたので報告する。

材料と方法

汽水棲のベンケイガニ *Sesarmops intermedium* (de Haan, 1835) を材料とした。1978年5月、11月、1979年3月、11月および1980年2月に岡山市洲崎の旭川の河口で採集し、研究室に持ち帰った後すぐに、あるいは5倍に薄めた海水を浅く入れた容器にしばらく飼育して用いた。

カニの大きさは甲幅の最大幅とし、甲幅20.0mm から25.9mm の成体を使用した。

脚はその長節をピンセットではさみ傷つけることによって自切させて除去した。

実験個体は1個体ずつ、砂と5倍稀釈海水を浅く入れた小容器 (約10×10×10cm) に入れ、市販の淡水魚用の餌‘ミニベット’を1匹当たり1日に2粒ずつ与えて飼育した。水と砂は時々新しいものと交換し、水温は約25°C に保った。多脚除去群の脱皮が終るまで観察し、脱皮した日を記録した。

1. 6脚又は8脚除去による脱皮誘発

6脚除去実験には1978年5月、11月および1979年3月、11月に採集した雄を用い、3対の歩行脚 (第2脚～第4脚) を自切により除去した。

多脚除去の対照として1978年5月と11月に採集した12個体を用い1対の歩行脚 (第3脚) を自切させて除去した。

また、8脚除去実験には1979年11月に採集した11個体を用い、鉗脚を除くすべての歩行脚

(第2脚～第5脚)を自切させて除去した。

2. 脱皮後まもないカニにおける脱皮誘発

6脚又は8脚除去後脱皮したカニを用い、脱皮後30日目に6脚(第2～第4脚)を除去した。

3. 10脚除去による脱皮誘発

10脚除去実験には1980年2月に採集した雄44(雌18)個体を用い、すべての脚(1対の鉗脚および4対の歩行脚)を除去した。また、10脚除去により脱皮させたカニを用い脱皮後10日目に10脚を除去し、脱皮の起こるまで観察し、更に脱皮したカニの10脚を脱皮の10日後に除去し脱皮の誘発を観察した。これらの10脚除去群には脱皮後10日間のみ餌を与えた。

結 果

1. 6脚又は8脚除去による脱皮誘発

6脚および8脚除去実験の結果を第1表に示した。

対照とした2脚除去のカニでは自切した自切面に再生芽の形成は認めしたが、実験期間(150

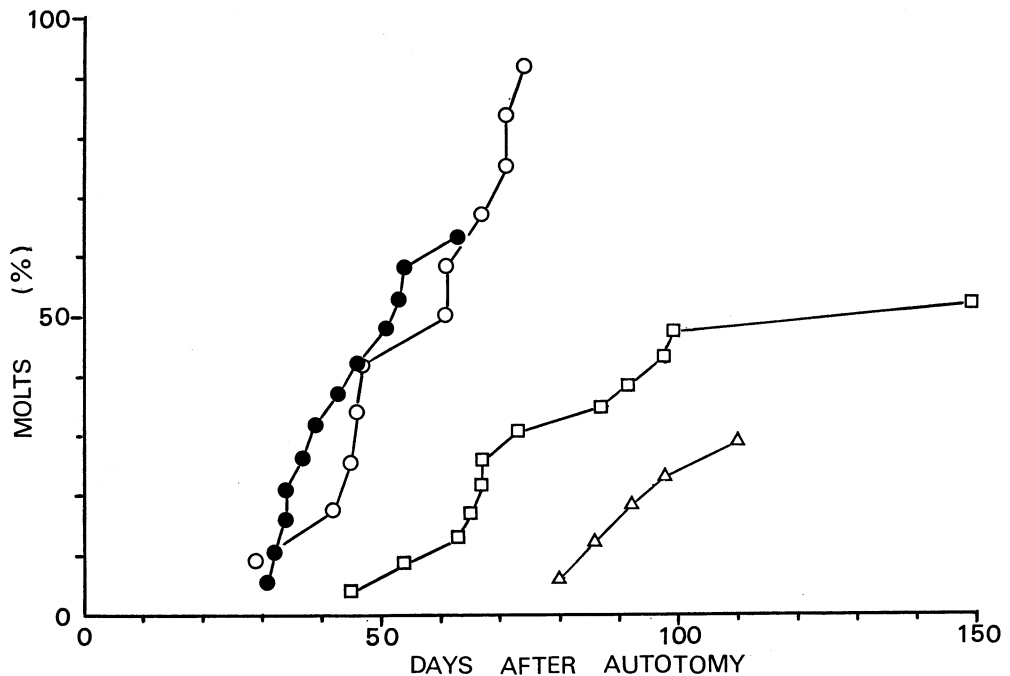


Fig. 1 Graph showing the percentage of male crabs (carapace width 22.0-23.9mm) which underwent molt after removal of six legs. Seventeen animals autotomized in May (△); 23 animals autotomized in November (□); 12 animals autotomized in March (○); 19 animals autotomized on the thirtieth day after the experimentally induced molting (●). Treatment was done on the day indicated by 0.

日) 内には脱皮は認められなかった。

6脚又は8脚除去のカニでは脱皮が誘発され、カニは失ったすべての脚の自切面に再生芽を形成して脱皮した。

6脚除去実験における実験開始月別の脱皮率は3月のカニでもっとも高く、12個体(甲幅22.0—23.9mm)のうち11個体が脱皮に成功した。同大のカニでも11月では23個体のうち12個

Table 1 Effect of removal of walking legs by autotomy on the interval between autotomy and molt in *Sesarmops intermedium*

Month	Group (C. W. in mm)	No. of legs removed	No. of animals	No. of molted animals	Effect	Days before molt
May (1978)	1(22.0—22.9)	6	7	1	+	86
	2(23.0—23.9)	2	3	0	—	—
	3(23.0—23.9)	6	10	4	+	80, 91, 98, 110
	4(24.0—24.9)	6	7	0	—	—
Nov. (1978)	5(20.0—20.9)	6	5	2	+	49, 86
	6(21.0—21.9)	2	3	0	—	—
	7(21.0—21.9)	6	8	5	+	40, 43, 50, 52, 80
	8(22.0—22.9)	2	3	0	—	—
	9(22.0—22.9)	6	7	5	+	67, 67, 97, 98, 149
	10(23.0—23.9)	2	3	0	—	—
	11(23.0—23.9)	6	5	5	+	45, 54, 65, 73, 91
	12(24.0—24.9)	6	2	0	—	—
Mar. (1979)	14(22.0—22.9)	6	7	6	+	29, 46, 47, 61, 71, 74
	15(23.0—23.9)	6	5	5	+	42, 45, 61, 67, 71
	16(24.0—24.9)	6	3	3	+	39, 51, 60
	17(25.0—25.9)	6	6	4	+	49, 51, 56, 77
Nov. (1979)	18(20.0—20.9)	8	9	5	+	21, 25, 28, 41, 41
	19(21.0—21.9)	6	4	1	+	59
	20(22.0—22.9)	6	6	2	+	63, 87
	21(23.0—23.9)	6	5	0	—	—
	22(24.0—24.9)	6	3	2	+	57, 61
	23(25.0—25.9)	8	2	1	+	46

Three pairs of walking legs were removed from male crabs.

体が脱皮し、5月では脱皮率が低く17個体のうち5個体が脱皮した(第1図)。6脚除去から次の脱皮までの日数には実験開始の月により差が認められた。3月に除去したカニ(甲幅22.0—23.9mm)では29—74日(中央値61日)と短かく、同大のカニで11月では45—149日(中央値70日)を要し、5月のカニでは80—110日(中央値95日)を脱皮までに要した(第1表および第1図)。

8脚除去は脱皮間期のカニに脱皮を誘発し、9個体(甲幅20.0—20.9mm)のうち5個体が脱皮し、脚除去から脱皮までに要した日数は21—41日(中央値28日)である(第1表)。

2. 脱皮後まもないカニにおける6脚除去による脱皮誘発

6脚又は8脚除去後脱皮に成功したカニを用い、脱皮後30日目に6脚を自切除去すると40個体のうち26個体が2回目の脱皮に成功した(第2表)。2回目の脱皮に要する日数は1回目の脱皮に要した日数より短縮され、甲幅が22.0—23.9mmのカニでは31—63日(中央値41日)で脱皮した(第2表および第1図)。

Table 2 Effect of removal of six walking legs by autotomy on the interval between autotomy and molt in recently molted crabs

Group (Carapace width in mm)	No. of animals	No. of molted animals	Days before molt
1(20.0-20.9)	3	3	31, 40, 40
2(21.0-21.9)	9	3	35, 50, 61
3(22.0-22.9)	13	8	31, 32, 34, 34, 39, 46, 51, 53
4(23.0-23.9)	6	4	37, 43, 54, 63
5(24.0-24.9)	3	3	36, 37, 54
6(25.0-25.9)	6	4	33, 37, 44, 49

Removal of walking legs was performed on the 30th day after molting.

3. 10脚除去による脱皮誘発

1980年2月に採集した脱皮間期の成体(雄と雌)を用い、10脚すべてを自切除去した結果を第3表に示す。

カニは失ったすべての脚の自切面に再生芽を形成し、6脚除去後の脱皮より短かい日数で脱皮した(第1図および第2図)。

また、10脚除去後1回目の脱皮に成功したカニで、脱皮後10日目に10脚を除去すると、カニはすべての自切面に再生芽を形成し2回目の脱皮に成功した(第4表)。10脚除去より2回目の脱皮までに要した日数は1回目の脱皮よりも短縮され均一化した(第2図および第3図)。

更に、10脚除去後2回目の脱皮に成功したカニで、脱皮後10日目に10脚を除去すると、脱皮が誘発され、カニは自切面に再生芽を形成して3回目の脱皮に成功した(第5表)。3回目の脱皮に要した日数は1回目の脱皮の日数よりも短縮され均一化した(第2図および第3図)。

Table 3 Effect of removal of ten legs by autotomy on the interval between autotomy and molt in *Sesarmops intermedius*

Sex	Group (Carapace width in mm)	No. of legs removed	No. of animals	No. of molted animals	Days before molt
Males	1(20.0-20.9)	10	10	10	22, 23, 24, 24, 24, 31, 34, 36, 36, 44
	2(21.0-21.9)	10	12	10	29, 30, 34, 34, 36, 36, 42, 48, 52, 53
	3(22.0-22.9)	10	9	7	38, 38, 43, 46, 48, 55, 79
	4(23.0-23.9)	10	9	8	34, 38, 38, 38, 39, 41, 44, 46
	5(24.0-24.9)	10	1	1	65
	6(25.0-25.9)	10	3	3	44, 48, 51
Females	7(20.0-20.9)	10	1	1	31
	8(22.0-22.9)	10	4	3	25, 27, 35
	9(23.0-23.9)	10	4	1	30
	10(24.0-24.9)	10	6	6	28, 32, 32, 33, 42, 67
	11(25.0-25.9)	10	3	3	28, 35, 36

Two chelae and eight walking legs were removed by autotomy from male and female crabs.

Table 4 Effect of removal of ten legs by autotomy on the interval between autotomy and molt in recently molted crabs

Sex	Group (Carapace width in mm)	No. of animals	No. of molted animals	Days before molt
Males	1(20.0-20.9)	10	8	19, 20, 23, 23, 25, 27, 29, 34
	2(21.0-21.9)	11	8	21, 23, 23, 25, 25, 29, 29, 42
	3(22.0-22.9)	5	5	30, 31, 34, 34, 39
	4(23.0-23.9)	6	3	28, 33, 42
	5(24.0-24.9)	3	1	33
	6(25.0-25.9)	1	1	44
Females	7(20.0-20.9)	1	0	—
	8(21.0-21.9)	1	1	25
	9(22.0-22.9)	2	2	25, 29
	10(23.0-23.9)	1	1	30
	11(24.0-24.9)	7	7	23, 25, 28, 29, 32, 36, 38
	12(25.0-25.9)	2	2	24, 28

Removal of ten legs was performed on the 10th day after molting.

Table 5 Effect of removal of ten legs by autotomy on the interval between autotomy and molt in crabs which completed two consecutive molts

Sex	Group (Carapace width in mm)	No. of animals	No. of molted animals	Days before molt
Males	1(20.0-20.9)	7	6	19, 20, 22, 25, 27, 41
	2(21.0-21.9)	5	3	23, 25, 25
	3(22.0-22.9)	4	3	30, 34, 34
	4(23.0-23.9)	1	1	29
	5(24.0-24.9)	2	0	—
Females	6(21.0-21.9)	1	1	24
	7(22.0-22.9)	3	3	25, 28, 30
	8(23.0-23.9)	3	1	30
	9(24.0-24.9)	5	5	25, 25, 26, 31, 31

Removal of ten legs was performed on the 10th day after the second molt.

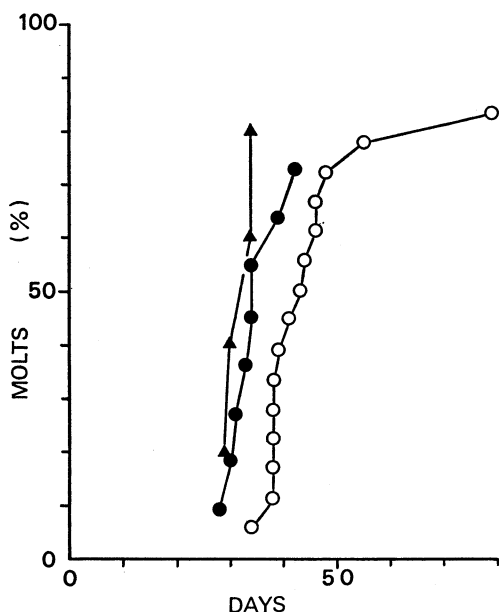


Fig. 2 Duration of premolt periods of male animals (carapace width 22.0-23.9mm). Eighteen animals autotomized in February (○); 11 animals autotomized on the tenth day after the experimentally induced molting (●); 5 animals autotomized on the tenth day after second experimentally induced molting (▲). Treatment was done on the day indicated by 0.

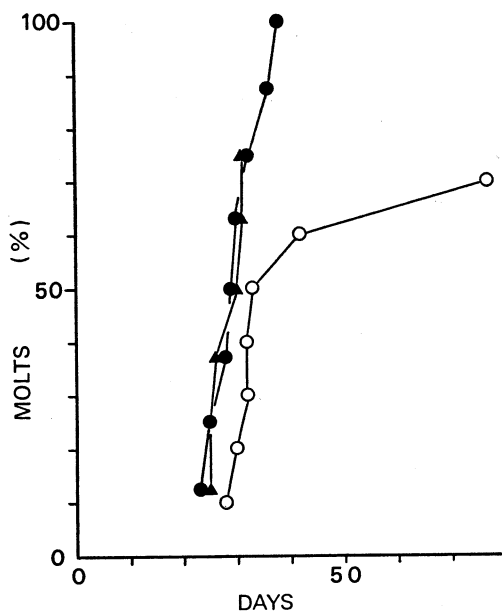


Fig. 3 Duration of premolt periods of female animals (carapace width 23.0-24.9mm). Ten animals autotomized in February (○); 8 animals autotomized on the tenth day after the experimentally induced molting (●); 8 animals autotomized on the tenth day after the second experimentally induced molting (▲).

10脚除去実験に用いた雄44（雌18）個体のうち雄39（雌14）が1回目の脱皮に成功し、2回目の脱皮に成功したのは雄36（雌14）個体のうち雄26（雌13）個体である。さらに雄19（雌12）個体のうち雄13（雌10）個体は3回目の脱皮に成功した。

また、10脚除去から次の脱皮までに要した日数は雄（甲幅22.0—23.9mm）の場合、1回目の脱皮に34—79日（中央値41日）、2回目の脱皮に28—42日（中央値33.5日）そして3回目の脱皮に29—34日（中央値32日）を要し、雌（甲幅23.0—24.9mm）の場合、1回目の脱皮に28—67日（中央値32日）、2回目の脱皮に23—38日（中央値29.5日）、3回目の脱皮に25—31日（中央値28日）を要した。

連続して誘発した3回の脱皮とも雌は雄よりも脚除去後短い日数で脱皮を起こした（第2図および第3図）。

考 察

ベンケイガニにおいて、6脚、8脚又は10脚の自切除去は脱皮間期のカニに脱皮を引き起こすのに充分有効な刺激であることが認められた（第1表および第3表）。これは Skinner と Graham²⁾ が *Gecarcinus lateralis* など5種のカニで、また Kurup と Adiyodi¹⁾ が *Paratelphusa hydrodromous* で認めた結果と一致し、多脚除去は脱皮間期のベンケイガニの脱皮誘発に有効な刺激であった。

Skinner と Graham²⁾ は *Gecarcinus lateralis* で10脚除去では6脚又は8脚の場合よりむしろ脱皮促進効果が抑えられると報告したが、ベンケイガニでは多脚除去による脱皮誘発のうちで10脚除去がもっとも有効であった（第1表および第3表）。

6脚除去による脱皮誘発実験において、実験を始めた月（3、5および11月）により脚除去から脱皮までに要する日数に差が認められた（第1表および第1図）。この実験開始月により差があることは Kurup と Adiyodi が *Paratelphusa hydrodromous* で8脚除去により脱皮を誘発し、4月と9月（雌では5月と9月）の間に差を認めたのと同じである。*Paratelphusa hydrodromous* では9月の個体が脱皮までに短い日数を要しているが、ベンケイガニでは3月の個体が脚除去後もっとも短い日数で脱皮している（第1図）。

6脚又は10脚除去は脱皮後まもないカニ（6脚の場合脱皮後30日目、10脚の場合脱皮後10日目）でも脱皮誘発に有効な刺激であることが認められた（第2表、第4表および第5表）。

また、6脚又は10脚除去により脱皮させたカニに6脚又は、10脚を除去して誘発した2回目の脱皮に要する日数は1回目の脱皮より短縮され均一化した（第1図、第2図および第3図）。これは鈴木¹⁰⁾が脱皮直後のアカテガニで2脚、4脚又は6脚除去が次の脱皮を促進することを認めたのと同じである。アカテガニの場合甲幅が12.0—15.0mmの若い個体であったが、ベンケイガニでは甲幅が20.0—25.9mmの脱皮後まもない成熟個体で6脚又は10脚除去による脱皮促進効果を認めた。

多脚除去により1回脱皮させたカニにおける多脚除去から次の2回目の脱皮までに要する日

数の短縮と均一化は6脚除去群より10脚除去群で一層顕著に認められた(第1図および第2図)。

10脚除去により2回の脱皮をしたカニでも2回目の脱皮後10日目の10脚除去は脱皮誘発に有効な刺激であることが認められた(第2図および第3図)。

更に10脚除去による脱皮誘発実験結果は脚除去から次の脱皮までに要する日数に雌雄の間で差があることを示した。すなわち雌では雄よりも10脚除去後短かい日数で脱皮している(第2図および第3図)。

カニにおける多脚自切除去による脱皮誘発は自切による脚の損失量²⁾によるものではなく、自切した神経の数によって引き起こされるものだろう¹⁰⁾といわれているが、多脚自切がどのように作用して脱皮を起こすのか未だ明らかにされていない。カニの多脚自切による脱皮誘発の解明には組織学的、生理学的な多くの研究を必要とするだろう。

文 献

- 1) Skinner, D. M. and D. E. Graham (1970) Molting in Land Crabs: Stimulation by Leg Removal. *Science* **169**: pp. 383-385.
- 2) Skinner, D. M. and D. E. Graham (1972) Loss of Limbs as a Stimulus to Ecdysis in Brachyura (True Crabs). *Biol. Bull.* **143**: pp. 222-233.
- 3) Holland, C. A. and D. M. Skinner (1974) The Interdependence of Limb Regeneration and Molting in Crustacea. *J. Cell Biol.* **63**: p. 142a.
- 4) Holland, C. A. and D. M. Skinner (1976) Interactions between Molting and Regeneration in the Land Crab. *Biol. Bull.* **150**: pp. 222-240.
- 5) McCarthy, J. F. and D. M. Skinner (1977b) Interruption of Proecdysis by Autotomy of Partially Regenerated Limbs in the Land Crab, *Gecarcinus lateralis*. *Develop. Biol.* **61**: pp. 299-310.
- 6) McCarthy J. F. and D. M. Skinner (1977a) Proecdysial Changes in Serum Ecdysone Titters, Gastrolith Formation, and Limb Regeneration following Molt Induction by Limb Autotomy and/or Eyestalk Removal in the Land Crab, *Gecarcinus lateralis*. *Gen. Comp. Endocr.* **33**: pp. 278-292.
- 7) Weis, J. S. (1976) Regeneration in the Fiddler Crab, *Uca pugilator* after Injury or Removal of Limb Buds. *J. Exp. Zool.* **197**: pp. 21-30.
- 8) Lee, P. H. and J. S. Weis (1980) Effect of Magnetic Fields on Regeneration in Fiddler Crabs. *Biol. Bull.* **159**: pp. 681-691.
- 9) Fingerman, S. W. and M. Fingerman (1980) Inhibition by the Polychlorinated Biphenyl Aroclor 1242 of Limb Regeneration in the Fiddler Crab, *Uca pugilator*, in Different Salinities from which Different Numbers of Limbs have been removed. *Bull. Environm. Contam. Toxicol.* **25**: pp. 744-750.
- 10) Suzuki, S. (1980) The Effects of Leg-Removal to the Molting of the Crab, *Sesarma (Holometopus) haematocheir* (H. Milne Edwards). *Reser. on Crustacea* No. 10: pp. 61-68.
- 11) Kurup, K. N. P. and R. G. Adiyodi (1981) The Programming of Somatic Growth and Reproduction in the Crab, *Paratelphusa hydrodromous* (Herbst). *Int. J. Invert.*

Reprod. 3 : pp. 27-39.

- 12) 佐藤国康・松本邦夫 (1979) 脱皮後まもないカニの脚自切による脱皮の誘発. 動物学雑誌 88 (4) : p. 557.
- 13) 佐藤国康・戸部和子・松本邦夫 (1980) 多脚自切により脱皮させたカニの脚の回復度について. 日本動物学会中・四国支部会報No. 32 : p. 23.
- 14) 佐藤国康・松本邦夫 (1980) ベンケイガニの10脚自切除去による脱皮誘発. 動物学雑誌 89 (4) : p. 522.