

# マツカワカレイの活輸送方法に関する実験的研究

## Experimental Study of the Transportation of Live Verasper Moseri Fishes

松尾優子<sup>1</sup>，岩波俊介<sup>1</sup>，阿部島蘭<sup>2</sup>，田中淳<sup>3</sup>，片石温美<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Yuko. MATSUO, <sup>1</sup>Syunsuke. IWANAMI, <sup>2</sup>Ran. ABESHIMA, <sup>3</sup>Atsushi. TANAKA, <sup>4</sup>Atsumi. KATAISHI

<sup>1</sup> 苫小牧工業高等専門学校, <sup>2</sup> 苫小牧漁業協同組合,

<sup>1</sup>National Institute of Technology, Tomakomai College, <sup>2</sup>Tomakomai Federation of Fisheries Cooperative Associations

<sup>3</sup> 一般社団法人寒地港湾技術研究センター, <sup>4</sup> 中央大学

<sup>3</sup>Cold Region Port and Harbor Engineering Research Center, <sup>4</sup>Chuo University

### 1. はじめに

苫小牧漁港区は、国際拠点港湾に指定されている苫小牧港の一画にあり、札幌、新千歳空港が近い立地条件から流通の利便性を生かして隣接する漁業地域の陸揚げ基地となることが期待されている。苫小牧地区の水産資源としては水揚げ量全国1位の「ホッキガイ」が最も知られているが、近年、「マツカワカレイ」が「王鰈（おうちょう）」というブランド化とともに人気が高まってきている。ここで、マツカワカレイ（以下、マツカワ）とはカレイ科に分類される魚で主に北海道太平洋沿岸に分布しており、一時は乱獲等により漁獲量は激減したが、2006年から「えりも以西栽培漁業振興協議会」による放流事業が行われ、2008年頃よりその漁獲量は回復傾向にある<sup>1)</sup>。高級魚であるマツカワは料亭などで使用されることが多く、活魚のニーズが高い。そのため、活マツカワの道外市場からの需要が増加している。しかし、マツカワの活輸送においては、商品到着時の生存率が不安定であり、特に活魚は高値で取引されるため、活ではないものと比較して市場価格が2～3倍ほど異なる。さらに活輸送では輸送時間が短い（15時間以内）市場に限定されてしまうため豊漁時には分散して出荷するのが難しく、価格が下がるといった課題がある。これらの背景から、活輸送の輸送技術を確立することは、浜値の安定につながり、苫小牧地区の地域活性化や水産資源の付加価値向上により近隣漁業地域への陸揚げ基地としての波及効果も期待できる。そこで、本研究はマツカワの活輸送における最適輸送条件を実験により検討し、苫小牧地区の地域活性化と新たな市場拡大を目的とする。

### 市場拡大に向けた活輸送時の最適輸送条件の検討

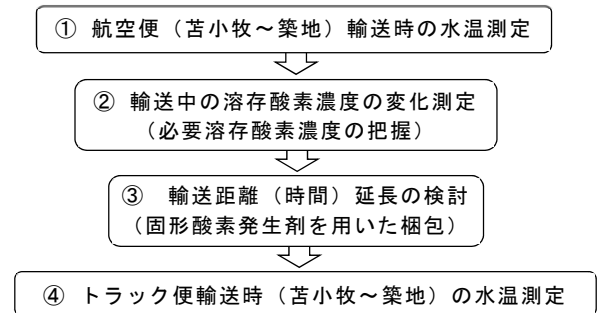


図-1 本研究の流れ

### 2. 研究方法

図-1に本研究の流れを示す。活輸送の最適輸送条件の検討にあたり予備調査として、図中①に示す一般的な輸送ルートである航空便（苫小牧～築地）の輸送時の水温と輸送時間を測定した。次に、輸送時間の延長に向けて図中の②～④の実験を行った。まず、第一段階としては、輸送中において、必要な溶存酸素濃度を保持しているかを把握するため、輸送時と同じ梱包条件で室内にて梱包内の溶存酸素濃度の変化を測定した。次に、得られた溶存酸素濃度の経過変化より、新たな市場開拓や海外への輸送も想定し、固形酸素発生剤を用いた梱包により約40時間耐えうる環境条件を整理した。得られた結果より、苫小牧から築地までトラック便で輸送した際の経過水温、溶存酸素濃度を測定した。また梱包に使用する氷条件の相違による輸送中の水温変化についても調査した。

以上の一連の実験により、活輸送の最適輸送条件の把握と輸送時間の延長の検討を行った。

### 3. 実験方法および結果

マツカワの活輸送時の梱包状態を写真-1 に示す。ビニル袋に魚 1 尾、滅菌海水約 100 を入れ、酸素を約 400 注入して膨らませる。気温が高い夏場は発泡スチロール箱内（以下、発泡箱）に下氷を敷き、その上にビニル袋と発泡箱を載せテープで固定する。本実験では、この活輸送時の梱包と同じ梱包方法を用いて行った。以下に各実験方法および結果について述べる。なお、活輸送されるマツカワは水揚げ後から 2, 3 日間、5℃の水温下で蓄養してから出荷されている。



写真-1 活輸送時の梱包

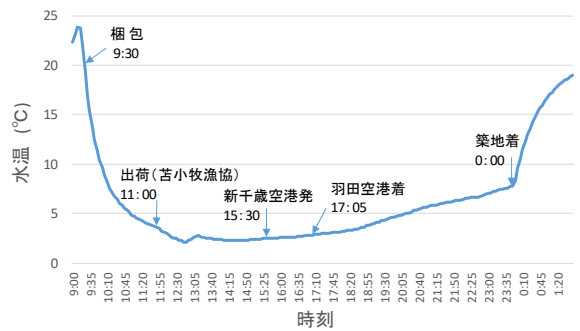


図-2 航空便（活輸送）の水温測定結果

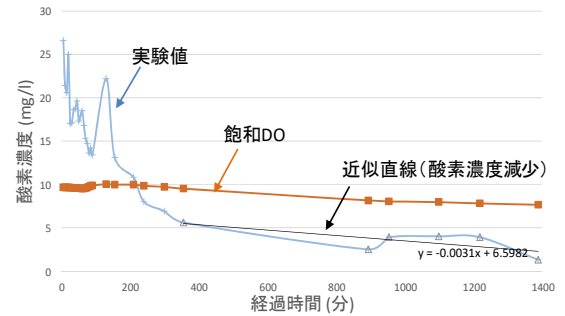


図-3 溶存酸素濃度の変化

#### 3. 1 航空便（苫小牧～築地）輸送時の経過水温

マツカワは冷水性の魚で、15℃を超える水温では成長の過程で変態異常が見られ、2℃以下の水温ではへい死固体が出現することが知られている<sup>2)</sup>。そのため、輸送中の水温は活力保持の点においても非常に重要である。苫小牧漁協では平成 27 年よりマツカワの活輸送を本格的に始めており、主に築地または大阪へ航空便により送られている。そこで、まず予備調査として築地（航空便）への輸送中の水温変化を測定した。測定方法は梱包内の滅菌海水に温度ロガーを投入し、苫小牧漁港区で梱包してから築地市場に到着し魚が取り出されるまでを計測した。測定日は平成 27 年 5 月下旬であり、この日の気温は 20℃前後であった。測定結果を図-2 に示す。図より梱包時から集荷まで 2 時間あり、そこから築地到着まではおよそ 13 時間、梱包時からでは総計して 15 時間を要している。また、集荷から築地到着時までの水温は常に 8℃以下であったことが確認でき、マツカワに適した水温で輸送されていることがわかる。

#### 3. 2 輸送時間（15 時間）における溶存酸素濃度の変化

本実験では、前項の活輸送時の梱包方法において、魚体 1 尾(1.94kg)、滅菌海水 100、酸素約 400 の条件で、室内に静置させ、溶存酸素濃度計で滅菌海水中の溶存酸素量の減少量を測定した。通常、魚類の呼吸量測定は一般的に開放系の流水中に魚を投入し、流入前後の溶存酸素濃度の変化を測定<sup>3)</sup>するが、活輸送時の梱包ではビニル袋内に魚と滅菌海水を入れた後、酸素を注入して膨らましているため袋中の酸素濃度が高く、海水中に酸素が溶け込むことが予想される。加えて、実際の輸送条件と同じ条件下で調べるこ

とで実験データを実務に反映できることから、本実験ではマツカワの呼吸量ではなく梱包内の滅菌海水中の溶存酸素濃度の変化（減少量）に着目し測定した。測定結果を図-3 に示す。図中の飽和 DO とは、梱包内の水温より、測定された水温における飽和溶存酸素濃度の理論値を示している。梱包から 200 分以内の溶存酸素濃度は飽和 DO を超えているが、これはビニル袋を酸素で膨らませる際に、酸素を直接海水に注入したため、海水中の微細な空気泡等が水中に残った影響だと考えられる。測定開始後から 5 時間（300 分）以降は、飽和 DO 以下となり、溶存酸素はほぼ一定の割合で減少している。これ以降の区間で近似直線を取り、直線の傾きから酸素の減少量を算出すると、1 時間あたり 1.86mg/h の割合で酸素量が減少しており、減少率はマツカワ 1kg あたり 0.959mg/h/kg となる。また、魚が生存するためには溶存酸素濃度が 3.0mg/l 以上が必要であるといわれているが、測定結果では、梱包から約 15 時間後の溶存酸素濃度は 2.5～3.9mg/l を示していた。そのため、現在用いられている梱包方法で 15 時間を超える輸送の場合、酸素不足によりへい死する可能性がある。以上より、前述した活輸送の梱包方法では、梱包完了から商品到着まで 15 時間以内にしなければならないことがわかった。

#### 3. 3 固形酸素発生剤を用いた輸送距離延長の検討

既存の活輸送可能な輸送時間（15 時間）を延長するためには、前項の実験より必要溶存酸素濃度の保持が課題である。今後、築地・大阪以外の国内市場開拓や、近隣アジアなどの海外輸出に向けて、固形酸素発生剤を用いた活輸送

方法を検討する. 可能となる輸送時間の目標としては40時間と設定した. その理由として, 苫小牧から築地までトラック便で輸送するには40時間を要すること, また輸出先として千歳からの直行便を利用でき, 日本食の人気の高い香港・台湾を仮定した場合, 輸送時間は梱包完了時から, 集荷, 積み荷, 配送, 輸出に関わる諸手続等の一連を見込むと約40時間になるからである. 実験に使用する固形酸素発生剤(以下, 酸素発生剤)は写真-2に示すように飼育水槽用の1ヵ月持続するタイプの(a)1ヵ月用と, 活魚輸送用の(b)24時間用の2種類とした. これらを組み合わせて以下のA~Dの異なる4パターンの条件下で各2ケースずつ梱包し, 約5°Cの冷蔵庫内で48時間保管した後の生存状況を確認した. なお, (b)24時間用は48時間までの酸素発生が確認されているが, 24時間以降発生量が減少するものである.

- A: 魚1尾 + 24時間用酸素発生剤 1錠
- B: 魚1尾 + 24時間用酸素発生剤 2錠
- C: 魚1尾 + 24時間用酸素発生剤 1錠  
+ 1ヵ月用酸素発生剤 4錠
- D: 魚1尾 + 1ヵ月用酸素発生剤 4錠

2種類の酸素発生剤を比較した理由としては, 1ヵ月用酸素発生剤の方が入手しやすいこと, 各酸素発生剤では経過時間ごとの酸素発生量が異なるためである. 実験に用いた酸素発生剤の個数は, 3.2項の溶存酸素濃度の減少率と各酸素発生剤の発生量から, 最低必要個数を推定して決定した.

実験結果を表-1に示す. 表-1より, 48時間後にへい死した個体はA1とB1の2ケースであった. A1, B1と他の生存していた固体との各条件を比較すると, 梱包内の滅



(a) 1ヵ月用 (b) 24時間用

写真-2 実験に使用した固形酸素発生剤

表-1 固形酸素発生剤による48時間後の生存状況

No.	魚の重量 kg	滅菌海水量 ℓ	海水と魚重量比 ℓ/kg	生存状況	同梱した酸素剤
A1	1.02	7.11	6.97	死	24時間酸素剤×1ヶ
A2	1.20	9.15	7.63	生	"
B1	1.16	6.08	5.24	死	24時間酸素剤×2ヶ
B2	1.06	7.60	7.17	生	"
C1	1.26	12.79	10.15	生	24時間酸素剤×1ヶ 1ヵ月酸素剤×4ヶ
C2	1.20	8.81	7.34	生	"
D1	1.16	7.88	6.79	生	1ヵ月酸素剤×4ヶ
D2	1.06	7.30	6.89	生	"

菌海水量が少ないことがわかる. 海水中の溶存酸素量は, 酸素濃度が一定であれば海水量に比例するため, 海水量が少ないことにより溶存酸素量が不足したことが一つの原因と考えられる. A1, B1に次いで, 水量が少ないものはD2の7.3ℓであり, 海水と魚の重量比は6.89と低かったことから, 必要酸素量は海水と魚の重量比よりも全体の海水量に影響されることが予想される. へい死したA1, B1の海水量以外の共通点としては, いずれも24時間用酸素発生剤のみの使用であった. この24時間用酸素発生剤の特徴として, 投入直後の酸素発生量が多いが, 時間経過とともに発生量が減少し, 48時間後では1錠当たりの発生量が3.2項の溶存酸素濃度の減少量以下になる場合もある. そのため, 実験後半には発生酸素量が十分ではなく, 死亡した可能性が高い. 一方で(a)1ヵ月用を使用したケースは全て生存しており, 比較的酸素発生量が安定していると考えられる. 以上より, 48時間の輸送を想定した本実験においては十分な滅菌海水量(7.0ℓ以上)があり, 1ヵ月用酸素発生剤を使用しているケースが最も生存率が高い結果となった.

### 3.4 トラック便(築地~苫小牧)輸送時の検証

前述の実験結果から, Dの条件と同様に1ヵ月用酸素発生剤を4錠同梱し, 苫小牧~築地までトラック便により輸送した際の水温変化を測定し, 1ケースのみ溶存酸素濃度も測定した. なお, トラック便とは漁港区から集荷した後, 苫小牧港から八戸間をフェリー, 八戸から築地までトラックで配送するもので, 約40時間を要するが, 輸送コストは航空便と比較して半分以下である. 氷条件による水温変化は平成28年6月23日(木)に水中用温度計測データ

表-2 トラック便の輸送条件とピーク水温(6/23)

No.	魚の重量 kg	滅菌海水量 ℓ	海水と魚重量比 ℓ/kg	下水 kg	ビニル袋内海水氷 kg	輸送中の最高水温 °C	輸送中の最低水温 °C
A	2.22	12.06	5.43	2.88	0	5.75	0.16
B	1.86	12.08	6.49	2.9	0.62	4.79	0.05
C	1.68	12.16	7.24	0	0.66	7.77	3.20
D	1.54	12.06	7.83	0	0	8.20	4.56

623 平均気温: 苫小牧15.7°C, 625 築地23.9°C

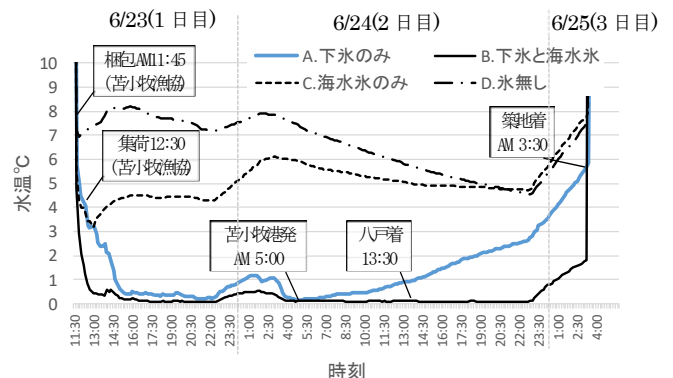


図-4 トラック便(活輸送)の水温測定結果

ガー (HOBO ティドビット v2) を用いて計測した。表-2 に4パターンの氷条件等を示す。表中の下氷とは発泡箱の底面に敷く氷であり、その上に魚体と海水、酸素が入ったビニル袋を入れ梱包する。海水氷とは、滅菌海水を使用した氷であり魚と一緒にビニル袋内に入れたものである。通常の梱包は下氷のみであるが、海外へ輸出する際には水漏れ対策が必要となることから、下氷を使わずビニル袋内に海水氷をいれた場合も測定した。各氷量は苫小牧漁協が通常、活輸送する際の作業要領とほぼ同じ条件になるよう決定した。表-2左欄の記号はAは下氷のみ、Bは下氷と海水氷、Cは海水氷のみ、Dは氷無、の氷条件を表している。表-2の右欄に輸送中の最高水温・最低水温と図-4に経過水温を示す。下氷を使用したAとBでは梱包後から急速に水温が減少し、3時間経過時には1°C未満になっていることがわかる。前述したようにマツカワは2°C以下の水温ではへい死が生じる可能性があるため非常に危険な状態である。また、氷を全く使用していないDの条件下では、8.2~4.6°Cの範囲で上下差が約4°Cある。水温が1°Cの変化は気温では約5°Cの変化に相当するため、変温動物である魚類は水温変化に対し一層敏感であると言われていることから、輸送中の温度変化が大きいと活力が下がる可能性があることが予想される。

次に輸送中の溶存酸素濃度について平成28年6月30日(木)にBの下氷、海水氷を併用した条件下で溶存酸素濃度を測定した。測定にはHOBO, U26 溶存酸素(DO)ロガーを使用した。表-3に各諸元と図-5に測定結果を示す。水温は前回と同様に非常に低くなっており、輸送中の最高水温は2.1°Cしかない。一方、溶存酸素濃度については、おおそ30mg/lを保持しており、全く問題ないことが

表-3 トラック便の輸送条件とピーク水温 (6/30)

No.	魚の重量 kg	滅菌海水量 ℓ	海水と魚重量比 ℓ/kg	下氷 kg	ビニル袋内海水氷 kg	輸送中の最高水温 °C	輸送中の最低水温 °C
B	2.22	12.00	5.40	2.7	0.94	2.10	-0.171

6/30平均気温：苫小牧16.4°C、7/2築地23.4°C

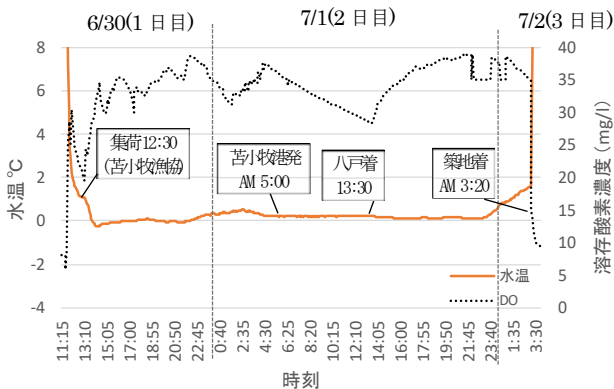


図-5 トラック便(活輸送)の溶存酸素濃度結果

わかる。また海水と魚重量比を見ると、5.4と低く、3.2項でへい死したA1の6.97以下で、B1の5.24の値に近い。しかし、実験では築地到着時の活力には問題がなかったことから、3.2項のへい死要因は海水と魚の重量比よりも海水量の影響が大きいことが推察される。

#### 4. 活輸送の取組みによる経済への効果

これまでの実験結果を踏まえて、苫小牧地区では平成28年の4月より酸素発生剤を用いた輸送方法にて、国内への販路拡大を進めており、ここではその効果を述べる。表-4に新たな販路先と輸送コストを示す。従前まで、仙台、盛岡、新潟の市場への市場は、羽田まで航空便で送り羽田からトラック輸送となるため時間を要した。その上、羽田でトラックへの中継がスムーズにいかない場合には荷物が届かないなどの課題があったためマツカワの活輸送は行われてこなかった。表-4に示すトラック便の各市場への輸送ルートは苫小牧~八戸間はフェリー、八戸からはトラックで運ばれ、仙台までは約35時間、築地までは約40時間である。また、苫小牧~青森は航空便自体がない。表より、販売先が拡大し、輸送コストの低減にもつながったことがわかる。図-6に苫小牧地区の平成27~28年8月のマツカワの水揚げ金額(単価)と漁獲量を示す。一般的に水揚げ金額は漁獲量によって左右されることが知られているが、H28の4,7,8月はH27より漁獲量が多いのに対し、単価はほぼH27と同水準を維持していることが確認できる。

表-4 新たな販路(市場)への輸送コスト比較

	輸送方法	運賃(円)	酸素剤(円)	合計(円)	差額(円)
築地市場	航空便	1,250		1,250	
	トラック便	580	240	820	430
仙台市場	航空便	1,600		1,600	
	トラック便	430	240	670	930
盛岡市場	航空便	1,700		1,700	
	トラック便	430	240	670	1030
福島市場	航空便	1,650		1,650	
	トラック便	680	240	920	730
青森市場	航空便	配達範囲外			
	トラック便	430	240	670	
新潟市場	航空便	1,650		1,650	
	トラック便	550	236	786	864

\*表中の金額はマツカワ1枚分(1箱分)に要するコストを表す

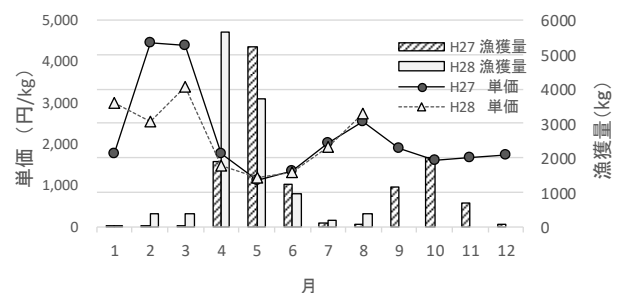
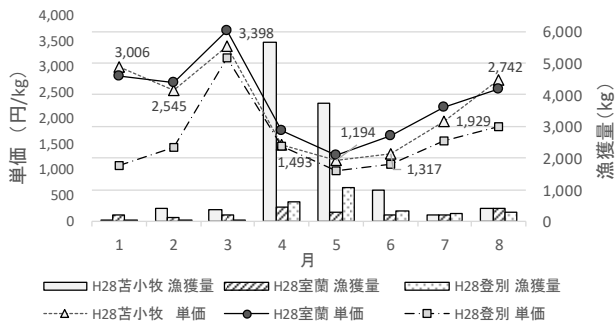


図-6 苫小牧地区のマツカワの単価と漁獲量(H27, H28)





\* 表中の数値は苫小牧の水揚げ金額である。

図-7 苫小牧近郊地区のマツカワの単価と漁獲量(H28)

特に4月の漁獲量はH27の2.5倍近くあるが、単価は300円弱低い程度に留まっている。これは販路先の拡大により漁獲量が多い時でも分散して出荷できるようになったことが一因だと推測される。

また、図-7に平成28年の苫小牧、室蘭、登別の漁獲量と水揚げ金額を示す。室蘭は公設市場であるため一概に比較できないが、4~6月の苫小牧の漁獲量が大幅に多いのに対し、単価は室蘭、登別とあまり差がない。

以上より、マツカワの活輸送技術の向上により、鮮魚ではなく活魚の販売が増え、かつ販売市場が拡大し、幾分の経済効果が生じたと考えられる。

## 5. おわりに

本稿では40時間を超える輸送時間を目指したマツカワの活輸送に関する実験と、それに伴う経済効果を調べ以下の結果が得られた。

- ・70以上の滅菌海水量を有し固形酸素発生剤を用いた梱包

において40時間のマツカワの生存が確認され、また輸送中の溶存酸素濃度も30mg/lを維持していた。

- ・氷条件により輸送中の水温に相違があり、氷無のものとは下氷、海水氷を併用したものでは約8℃の差が生じた。
- ・トラック便での輸送により活マツカワの販路先が東北地区の市場へも拡大され、豊漁時の分散が可能となった。
- ・水揚げ価格は様々な要因により変動しやすいため一概に結論づけることは難しいが、近隣地区の単価と比較して、苫小牧地区は漁獲量が多いにも関わらず同程度の単価を保持している。

今後は、実際に香港などの海外に活輸送した際の水温、溶存酸素濃度、活力について調査を進めていきたい。

## 謝辞

本研究では苫小牧漁業共同組合の方々のご協力を頂いた。ここに記して深く感謝の意を表す。なお、本研究は(一社)寒地港湾技術研究センターとの共同研究である。

## 参考文献

- 1) 交易社団法人北海道栽培漁業振興公社 HP : [www.saibai.or.jp](http://www.saibai.or.jp)
- 2) 北海道立水産試験場：北海道におけるマツカワ栽培漁業研究の現状，技術資料No.5，2005年3月
- 3) 齋藤治子：魚類の簡易呼吸量測定法，横浜市郊外研究所報第12号，1987
- 4) 松尾優子 他5名：マツカワカレイの輸送方法に関する検討，平成28年度日本水産工学会学術講演論文集 P.79-82