

4 県産魚を美味しく届ける技術開発事業

石原 幸雄

目 的

鳥取県産もさえび（クロザコエビ）のブランド化を推進するため、活魚で消費市場へほとんど送られていないもさえびを無水又は活魚パックで簡単に送ることが出来る技術を開発しマニュアル化した。また、境漁港で水揚げが増加しつつあるマイワシの脂質含量を分析し、旬や優位性を科学的に調査説明することでブランド化を推進するとともに、脂質含量に応じた利用加工が行えるように鮮魚を非破壊で数秒で脂質含量が測定できる近赤外分光器のソフト（検量線）を作成した。

方 法

1) もさえび

ア 宅配便を利用した輸送試験

・無水輸送

① 2013年5月19～20日、26～28日にもさえびが輸送中、自ら動いてエネルギー消費しないことと、えびを逆さにすることで鰓に海水を含まず目的で、切れ込みを入れ冷海水を含ませたスポンジマットをトレーに敷き、えび15尾を切れ込みに縦又は逆さにして挟み、5℃設定のインキュベーターで30時間又は50時間保管し、生残率を比較するとともに、酸素充填の有無による生残率の違いも検討した。

② 2013年5月26～28日、6月4～5日にクール宅配便を利用し、境港市（営業所持ち込み）から津山市を經由し鳥取市（とっとり賀露かっこ館）まで約30時間又は50時間、酸素充填し、えびを縦又は逆さにして挟み発泡スチロール箱に500ccペットボトル氷2本と同梱し輸送後の生残率を比較した。併せて、記録式温度計により輸

送中の温度変化を記録した。なお、えびの生死確認においてえびが動かないなど生死が不明な場合は、冷海水にもさえびを浸漬し、鰓の動きの有無で生死を判別した。

・活パック輸送

2013年5月1～2日、14～15日に活パック（ハイパック社 活けパッケン No.6 20×60cm容量約5.7L）を用い、5℃の海水2L又は3Lと活魚もさえび10尾、15尾又は30尾を入れ酸素充填し、発泡スチロール箱に500ccペットボトル氷2本と同梱し輸送後の生残率を比較した（図1）。利用したクール宅配便は、ほぼ1日後に到着するように輸送試験（境港市（営業所持ち込み）から津山市を經由し鳥取市（とっとり賀露かっこ館）まで）を行った。併せて、記録式温度計により輸送中の水温変化を記録した。

イ ブロック凍結

一定期間の保存を検討するため、活魚もさえびを小型ステンレストレーに10～15尾並べた後3%食塩水で満たし-30℃でブロック凍結・保管し1ヶ月後に解凍し、職員数名で食味試験を行った。

ウ 成分分析

サンプルは、2013年4～5月に境漁港又は鳥取港に水揚げされた、大サイズの生鮮又は活魚もさえびを用い、頭胸甲長及び体量を測定し、真空パックの後に-80℃で保管した。また、脂肪酸組成の分析時を除き分析時に解凍後の解凍後体量と頭部や殻などを除去した筋肉（可食部）重量を測定した。なお、もさえびは、頭胸甲長25mm程

度以上は全て雌であるとともに、雌の産卵は隔年であることから外卵を有している抱卵個体とそうでない個体があるため、外卵の有無も区分し分析した。なお、成分分析は、共同研究として鳥取大学が実施した。

・遊離アミノ酸

遊離アミノ酸の分析は、筋肉 1.0g を秤量し、5mL の 100mM KPB (pH 7.0) でホモジネート後、遠心分離で得られた上澄みを被検液とし、全自動アミノ酸分析機（日本電子（株）製 JLC-500/V2）を用い生体アミノ酸高分離法（分析時間 110 分）により標準アミノ酸を用いて分析した。

・脂肪酸組成

外卵の有無それぞれの個体について、筋肉 3 個体分をまとめたものから脂質を抽出し、内部標準ヘプタデカン酸と三フッ化ホウ素・メタノール試薬によるメチルエステル化法 A を用いて分析マニュアル（食品成分表の専門家がわかりやすく解説する五訂増補日本食品成分表分析マニュアル、2006）に準じて行った。ガスクロマトグラフィー装置（島津製作所製 17A）を用いて DB-WAX(0.25x60mm)キャピラリーカラムにより、注入口温度 250 °C、検出器温度 250 °C、カラム温度 150 °C → 220 °C (2 °C/分、昇温) 220 °C (25 分間保持) 220 °C → 240 °C (10 °C/分、昇温) で、スプリット注入法（比 1 : 50）で分析した。

2) マイワシ

ア 脂質含量分析

2011 年 11 ~ 12 月、2012 年 9 ~ 10 月、2013 年 2 ~ 5 月に境漁港へまき網により水揚げされた標準体長 141 ~ 215 mm、平均 184 ± 20 mm のマイワシ 107 個体（♂ 46, ♀ 61）を用いた。マイワシは、標準体長・体重等を測定後、個体毎に皮付きの左半身を真空パック後冷凍保存し、脂質含量をソックスレー法により抽出分析（（公財）島根県環

境保健公社へ委託）した。

イ 近赤外分光器でのスペクトルデータ収集、ソフト（検量線）の作成

マイワシ（前アで用いる前）を水氷（海水 + 砕氷）に浸漬冷却し、取り出し後、速やかに近赤外分光器（FANTEC FQA-NIR GUN）でマイワシの背びれ基部及び尻鰭基部のスペクトルデータを収集した。また、前年度データも合わせたスペクトルデータと抽出分析した脂質含量の相関関係を、近赤外分光器付属の検量線作成ソフト（Ca-Maker）により選択波長数（1 ~ 5）別に検量線を作成後、検定（評価）を行った。

結果

1) もさえび

ア 宅配便を利用した輸送試験

・無水輸送

表 1 に試験結果を示した。酸素充填が無水輸送を行う場合重要であるかインキュベーターを使用した試験においては、酸素充填は生残を高めることが明らかとなった。また、クール宅配便を利用した試験においては、もさえびが輸送中、自ら動いてエネルギー消費しないことと、エビを逆さにすることで鰓に海水を含まず目的で、切れ込みを入れ冷海水を含ませたスポンジマットに、えびを縦又は逆さにして輸送しても生残率に大きな違いは生じなかった。さらに、酸素充填量にもるが、生存率は 30 時間程度では良く 50 時間程度では悪くなった。

また、発泡スチロール内温度は梱包直後に営業所に持ち込み後 11 ~ 16 °C あり、8 ~ 10 時間後から概ね 2 ~ 6 °C の間を保っていた。

・活パック輸送

前年度もさえび 1 尾の酸素消費量を測定

したが、実際に活パックを使用する場合は、充填酸素のパック中の海水への溶け込む状況が分圧変化や輸送振動により不明なため、活パックへ入れる海水量、えびの尾数、酸素充填量を実際に行って調節する必要があった。表2に試験結果を示した。海水3Lに大サイズの活もさえび30尾711g（容積約860cc）、酸素充填約1,840ccで28時間後の生存率90%を確保できた。（1尾あたり海水100cc、酸素充填約61cc）なお、試験において死んだエビが発生することにより海水に濁りを確認できことから、えびの死亡により水質が悪化し、連鎖的にえびが死亡することが考えられるため、輸送時間は可能な限り短時間で行う必要がある。

また、水温は梱包（室温18～21℃、使用海水5℃）直後に営業所に持ち込み後の2～3時間後から概ね0～5℃の間を保っていた。一方、保冷車内での置き場所によっては、活パックが入っている発泡スチロールが良く冷却され、水温が-1℃程度になる場合があった。

イ ブロック凍結

凍結ブロックをポリエチレン袋に入れ袋内に水が入らないように流水解凍した（図2）ところ、体色が鮮やかで、活のものと比較しても遜色は無かった。刺身（醤油なし）で試食した結果、食感は悪くないものの、ブロック凍結時に使用する塩水（海水）の塩分濃度が1%以上あると身が塩辛くなることが明らかとなった。

ウ 成分分析

・遊離アミノ酸

分析結果を表3に示した。もさえびの遊離アミノ酸含量は、アラニン、アルギニンが多く甲殻類に共通するパターンを示したものの、グリシン、プロリンは検出されなかった。なお、遊離アミノ酸の分析チャー

トを確認し、これらに該当するアミノ酸のピークがなく、標準のアミノ酸はきれいに分離出来ているため、検出されなかったと判断した。肝臓機能を強化するタウリンは、筋肉100gあたり約160mgあり、ホッコクアカエビ（46mg）の約3.5倍含まれていた。また、深海性エビ（モサエビ、ホッコクアカエビ）と沿岸性エビ（いせえび、くるまえび、しばえび）を比較すると、各遊離アミノ酸の含量が深海性のエビが沿岸性のエビの10分の1程度であった。

・脂肪酸組成

分析結果を表4に示した。人の血管系疾患や動脈硬化、脳機能の改善作用があるもさえびのEPA（イコサペンタエン酸）とDHA（ドコサヘキサエン酸）の脂肪酸に占める割合は、それぞれ20.9～21.3%、14.4～15.6%であり、外卵の有無による違いは大きなものではなかった。また、くるまえび、いせえび及びあまえびのEPA（13.6～21.7%）、DHA（13.5～17.9%）の範囲内であった。一方、一般的にEPA、DHAが多く含まれているとされる青魚（まあじ、まさば、まいわし）やハタハタより、ほぼ両者は多く、くるまえび、いせえび及びあまえびと同様にエビ類の傾向であると言える。また、もさえびはEPAよりも少量で同等以上の効果があるとされているDPA（ドコサペンタエン酸）22:5n-3が1.5～2.2%と青魚よりも低いものの、エビ類の中では高いことが明らかとなった。

エ 細菌による黒変

試験に使用するため5℃設定した閉鎖循環式冷却水槽で活もさえびを飼育していたところ、2週間飼育したえびの尾部などに黒変を生じた（図3）。水槽内の細菌が漁獲時のスレ等による傷口から繁殖したものと考えられ、水揚げされた活魚もさえびを陸上の閉鎖循環冷却水槽で一定期間備蓄

し、活出荷する場合には、水槽の濾過槽清掃や海水交換をこまめに行う必要がある。

オ マニュアルの作成

沖合底びき網漁船、漁協、仲買関係者へ普及するために、マニュアルとして「モサエビの活輸送・凍結のススメ」を作成した。

2) マイワシ

ア 脂質含量分析

図4に前年度の分析分も合わせて雌雄別に月別の標準体長と脂質含量の関係を示した。脂質含量はオスで0.6～14.9%，メスで1.1～21.8%の間であった。雌雄ともに2012年5～8月に多くの人々が食して美味しいと感じられる10%を超えていた。また、2013年も5月に高い値を示し、同じ傾向が見られた。生殖線の発達と脂質含量との関係を見るためにサンプル数が多いメスを用い、全て産卵に寄与すると考えられる標準体長18cm（2歳）以上のメスの月別の脂質含量と生殖腺指数（生殖腺重量

（g）÷内臓除去重量（g）×100）の関係を図5に示した。5～9月の間の脂質含量は、11～13%と高くなり、10～4月かけて減少していた。逆に生殖線指数は、1～8程度まで増加していた。このことから、マイワシは産卵の終了に伴い生殖線から身に脂質を蓄えると考え5～9月が脂ののりが良く旬と考えられた。

イ 近赤外分光器でのスペクトルデータ収集、ソフト（検量線）の作成

背鰭基部と臀鰭基部のスペクトルデータの収集は、前年度に引き続き積算時間120msで行った。近赤外分光器のソフト（検量線）は実用に耐えるものが作成でき市場等でマイワシの脂質含量測定が可能となった（図6）。作成した検量線では、マイワシの脂質含量約1～21%の間測定が可能となる。検量線を背鰭基部と臀鰭基部でそれぞれ作成したが、背鰭基部の方が極僅か精度が劣った（表7）。



500cc ペットボトル氷を同梱

図1 もさえびのクール宅配便を利用した活パック輸送試験

表1 もさえびのクール宅配便を利用した活パック輸送試験の生存率

方法	輸送時間	活パック容量 (cc)	酸素充填	海水量 (cc)	活パックに入れたもさえび			
					数 (尾)	重量 (g)	容積 (cc)	生残率 (%)
クール宅配便	26	5,700	有り	2,000	10	291	264	100
				3,000	15	433	415	87
					30	711	857	90

※水質調整剤等は使用していない

表2 もさえびのクール宅配便を利用した無水輸送試験等の生存率

発送・保存方法	時間	酸素 充填	スポンジマット仕切り へのえびの挟み方	生残率 (%)
インキュベーター(5℃)	30	○	縦	92
			逆さ	93
		×	縦	20
			逆さ	53
クール宅配便	31	○	逆さ	80
			スポンジマット2枚で 上下で挟む	60
	49	○	逆さ	67
			縦	60
インキュベーター(5℃)	50	○	逆さ	80



ブロック凍結



流水解凍時

図2 もさえびのブロック凍結と解凍

表3 もさえびの遊離アミノ酸含量

種類	モサエビ(クロザコエビ) ¹⁾		ホッコクアカエビ ²⁾	いせえび ³⁾	くるまえば(養殖) ³⁾	しばえび ³⁾
	外卵有り(n=3)	外卵無し(n=3)				
ホスホセリン	3.77 ± 0.84	10.67 ± 9.19				
タウリン	166.93 ± 37.95	160.08 ± 46.01	46			
尿素	検出されず	60.53				
アスパラギン酸				1,900	1,900	1,900
スレオニン			16	720	720	670
セリン			11	740	680	630
アスパラギン						
グルタミン	76.16 ± 73.71	64.06 ± 11.48	31			
グルタミン酸			41	2,900	3,000	2,800
サルコシン	313.93 ± 192.62	397.95 ± 213.35	痕跡			
プロリン			71	710	1,500	690
グリシン			526	2,200	2,600	1,200
アラニン	1,400.38 ± 77.26	1,355.25 ± 170.94	90	980	1,100	1,000
シトルリン	172.59 ± 138.35	439.94				
α-アミノ酪酸	1.67 ± 0.45	53.32 ± 38.06				
バリン	21.53 ± 0.07	13.49 ± 5.10	23	860	810	810
シスチン	2.77 ± 0.52	4.19 ± 3.17		200	220	250
メチオニン	11.48 ± 3.57	11.37 ± 5.61	19	530	530	540
イソロイシン	15.64 ± 1.20	19.69 ± 8.57	17	830	770	810
ロイシン	28.81 ± 4.79	29.58 ± 13.36	37	1,500	1,400	1,400
チロシン	7.21 ± 0.46	10.97 ± 2.36	14	690	650	610
β-アラニン	3.69 ± 0.28	5.07 ± 1.91				
フェニルアラニン			18	800	770	740
アンモニア	9.01 ± 1.12	8.07 ± 1.40	13	310	310	450
ヒドロキシリジン						
オルチニン	1.47 ± 0.17	2.30 ± 0.46	29			
1-メチルヒスチジン	5.25 ± 0.70	7.21 ± 0.85				
ヒスチジン	7.39 ± 3.50	11.22 ± 2.64	6	430	400	360
リジン	23.48 ± 1.03	26.54 ± 8.48	27	1,600	1,600	1,500
3-メチルヒスチジン	5.83 ± 1.41	4.14				
トリプトファン			検出されず	180	190	200
アルギニン	372.88 ± 9.04	387.1 ± 39.84	181	2,100	2,000	1,700
システイン	34.97	39.08 ± 19.44				
2-アミノアジピン酸	3.86 ± 0.62	5.47 ± 1.43				
総量	2195.19 ± 307.93	2252.64 ± 298.06	1,216	20,180	21,150	18,260

¹⁾平均±標準偏差(標準偏差がない場合は1又は2検体のみから検出された)

²⁾浅川ら(1981)より

³⁾日本食品標準成分表標準 2010より

表4 もさえびの脂肪酸組成

脂肪酸	モサエビ(クロザコエビ)		あまえび ¹⁾	いせえび ¹⁾	くるまえび ¹⁾	まあじ ¹⁾	まさば ¹⁾	まいわし ¹⁾	% ハタハタ ²⁾	
	外卵有り	外卵無し							雄	雌
12:0 (ラウリン酸)						0.1	0.1	0.1		
14:0 (ミリスチン酸)	0.8	1.0	2.2	0.8	0.8	3.5	4.0	6.7	2.6	2.5
14:1 (ミリストレイン酸)						0.1	痕跡	痕跡		
15:0 (ペンタデシル酸)	0.7	0.8	0.2	0.4	0.5	0.5	0.7	0.8		
16:0 (パルミチン酸)	15.5	16.3	18.6	12.0	18.6	19.9	24.0	22.4	17.2	17.2
16:1 (パルミトレイン酸)	6.3	5.7	6.3	4.3	2.7	6.1	5.3	5.9	8.2	8.1
16:2 (ヘキサデカジエン酸)						0.5	0.4	0.6		
16:3 (ヘキサデカトリエン酸)						0.3	0.3	0.7		
16:4 (ヘキサデカテトラエン酸)	0.2	0.2				0.3	0.2	0.9		
17:0 (マルガリン酸)	0.9	2.0	0.1	1.8	1.3	0.7	0.9	0.7		
17:1 (ヘプタセシン酸)	0.8	0.7	0.3	0.3	0.4	0.3	0.5	0.2		
18:0 (ステアリン酸)	2.3	2.4	1.7	8.9	7.9	7.3	6.7	5.0	2.0	2.2
18:1 (オレイン酸)	18.5	16.4	22.4	15.4	16.0	18.8	27.0	15.1	23.5	24.0
18:2n-6 (リノール酸)	0.9	1.6	1.0	1.6	10.6	0.9	1.1	1.3	1.0	1.0
18:3n-3 (αリノレン酸)	0.2	0.4	0.1	0.3	1.0	0.5	0.6	0.9	0.8	0.8
18:3n-6 (γリノレン酸)						0.1	0.1	0.2		
18:4n-3 (オクタデカテトラエン酸)			0.2	0.3	0.2	0.8	1.1	1.8	1.3	1.2
20:0 (アラキジン酸)			痕跡	0.2	0.2	0.4	0.6	0.7		
20:1 (イコセン酸)	1.1	—	1.9	1.4	1.7	2.2	4.0	3.1		
20:2n-6 (イコサジエン酸)	0.4	0.3	0.1	1.0	0.6	0.2	0.2	0.2		
20:3n-6 (イコサトリエン酸)			0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2		
20:4n-3 (イコサテトラエン酸)	0.1	—	0.2	0.2	0.2	0.5	0.4	0.8	0.7	0.6
20:4n-6 (アラキド酸)	3.9	4.4	1.9	12.0	3.4	1.8	1.5	1.5	2.1	2.4
20:5n-3 (イコサペンタエン酸)	20.9	21.3	21.7	21.5	13.6	8.8	5.7	11.2	11.7	12.3
21:5n-3 (ヘンイコサペンタエン酸)	0.2	—	—	—	0.2	0.4	0.2	0.5		
22:0 (ベヘン酸)			—	—	0.2	0.2	0.2	0.2		
22:1 (ドコセン酸)			0.7	0.2	0.5	2.5	3.5	1.8		
22:4n-6 (ドコサテトラエン酸)	1.3	0.8				0.1	0.1	0.1		
22:5n-3 (ドコサペンタエン酸)	2.2	1.5	0.5	1.2	0.6	3.1	1.3	2.5	0.8	0.9
22:5n-6 (ドコサペンタエン酸)	0.5	0.5	0	0	0.4	0.6	0.4	0.4		
22:6n-3 (ドコサヘキサエン酸)	14.4	15.6	17.9	13.5	17.4	17.0	7.9	12.6	13.8	13.6
24:0 (リグノセリン酸)			—	—	0.4	0.2	0.1	0.2		
24:1 (テトラコセン酸)			0.7	0.8	0.3	1.1	0.6	0.7		
未同定	7.9	8.1	0.9	1.9	0	0	0	0	14.3	13.2

¹⁾五訂増補日本食品標準成分表 脂肪酸成分表編より

²⁾石原ら(2013)



図3 尾部等の黒変

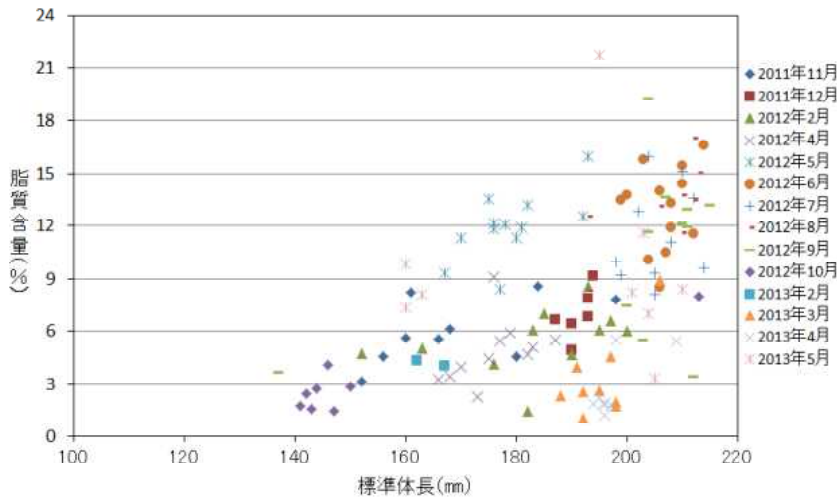
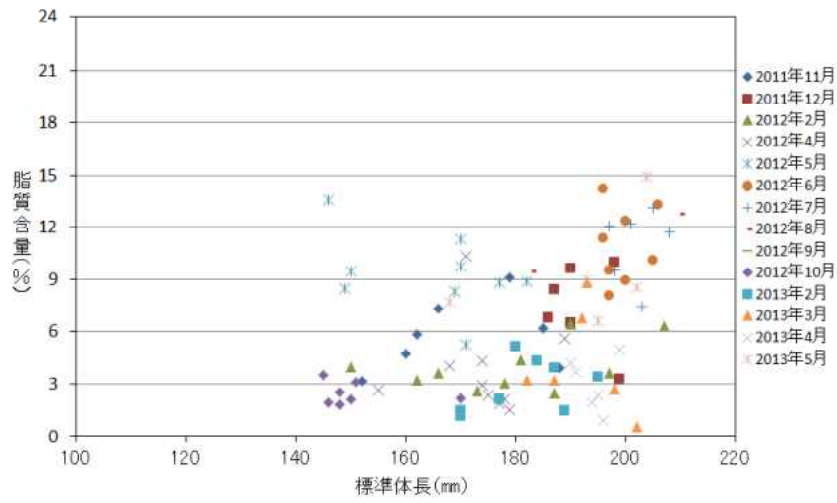


図 4

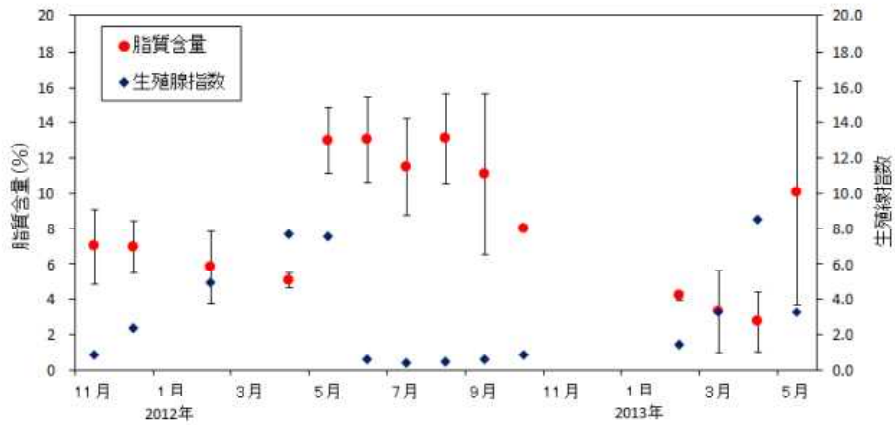


図 5

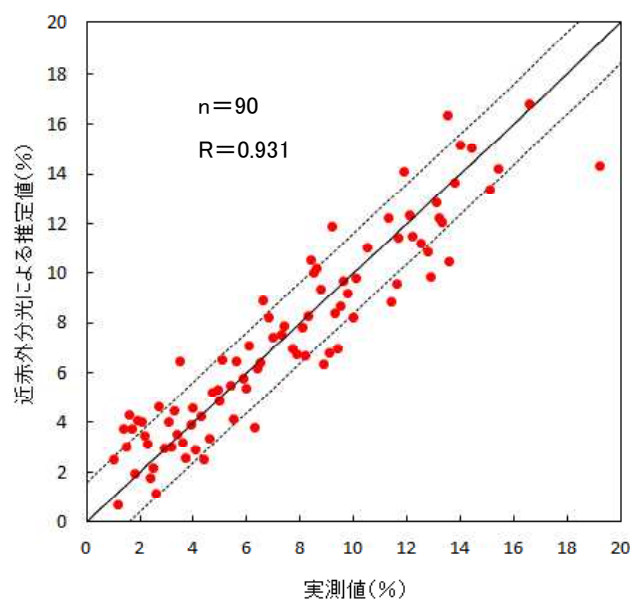


図6 最も精度が高かった検量線の検定時の脂質含量実測値と近赤外分光による脂質含有量推定値の関係（臀鳍基部 選択波長数 4）
直線は $y=x$ ，点線は誤差の標準偏差

表7 マイワシの脂質含量推定における検量線作成・検定の結果

スペクトル 測定位置	選択 波長数	選択波長 (nm)					検量線作成 ($n=91$)		検定 ($n=90$)		
		$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	相関係数	標準誤差 (%)	相関係数	標準誤差 (%)	Bias (%)
背鳍基部	1	928					0.690	3.294	0.674	3.244	-0.318
	2	872	900				0.924	1.750	0.896	1.955	-0.216
	3	824	852	912			0.943	1.531	0.900	1.908	-0.089
	4	824	852	880	912		0.947	1.482	0.914	1.771	-0.136
	5	776	820	848	884	912	0.950	1.451	0.921	1.701	-0.271
臀鳍基部	1	912					0.891	2.063	0.866	2.200	0.197
	2	848	904				0.919	1.802	0.898	1.938	0.176
	3	772	852	896			0.942	1.549	0.936	1.539	0.190
	◎4	772	848	896	948		0.948	1.475	0.931	1.604	0.122
	5	748	828	852	876	896	0.950	1.447	0.934	1.560	0.232

◎: 作成した検量線の中で、最も精度が高いと考えられた選択波長数