

## “漁獲物の鮮度保持に関する研究（第2報）

“洗い”の現象と魚類の游泳運動について

野口榮三郎・山本常治・佃 信夫

Studies on the freshness of fish - (2)

A relationship supposed between “Arai” phenomenon  
(Muscle contraction caused by perfusing water)  
and the swimming activity of fish

Eizaburo NOGUCHI, Joji YAMAMOTO and  
Nobuo TSUKUDA

The value of pH, the amounts of ATP and glycogen and the contraction of muscles at various parts of fish body were studied in eleven species of fishes including carps, cat fishes, sea breams, mackerels, yellow tails, etc.

The contraction of muscle seems to have an intimate relation to the movements of fishes from the fact that the muscle in the part of body which acts an important role in the movement contracts remarkably.

In general, fishes with red pigments in their muscles are rich in glycogen and at the same time in ATP. In these fishes the muscles of which show small contraction in “Arai”, glycolysis goes vigorously and pH value of muscle is apt to fall. On the contrary, the so-called white meat fishes such as carps and sea breams are poor in glycogen and slack in glycolysis and neutral in pH value, the muscle contractions of such fishes being, however, remarkably strong.

### 緒 言

鮮度保持研究の一環として、死殺方法及びその後の取扱いが、鮮度保持特に死後硬直に及ぼす影響について研究中であるが、この場合の鮮度判定法として新鮮な魚肉に於いてのみ見られる“洗い”の現象が適用出来るか否かについて、その機構等について研究中、いわゆる“洗い”の現象に依る魚肉の縮みと魚類の游泳運動とは密接な関係<sup>1)</sup>があり、この現象から魚類の游泳運動を推察することが出来るような興味のある事実がその後観察されたので、その結果を報告する。

\* 日本水産学会生物資源分科会で発表（新潟・昭29. 8）

## 実 験 方 法

供試魚類はコイ以下11種の魚類で、水族館内の水槽中で、著養又は一夜休養後のものを使用した。各試料魚は水から取揚げた後直ちに断頭死を行い、魚体の各部位から鋭利な解剖鉋で試料を速やかに採集し、“洗い”に依る縮みの測定、筋肉 pH 値、glycogen 量、ATP 量等の測定を行つた。これらの測定方法は何れも前報<sup>1)</sup>と同様の方法に依つた。

## 結 果 及 び 考 察

水族館の水槽内に於ける各魚類の游泳運動の状態を観察した結果は第1表のようである。特に注目されることは従来体型上から一般に活潑な運動を行うと考えられているドヂザメは昼間は殆んど游泳せず、夜間に於いてもその游泳は極めて不活潑であり、また従来不活潑と考えられておつたフグ、ナマズ、ミシマオコゼ等も案外摂餌又は驚愕した時等には急激な運動を行うことであつた。また各魚類とも游泳に際しては、その活動する部位はそれぞれ異つており、異つた游泳運動を行つている。

Table 1 The swimming speed of fishes and the parts of body participating in movements.

Species	Jap. name	In normal state participating		When threatened participating	
		Speed	Body part	Speed	Body part
Cyprinus carpio	Koi	Medial	Pectoral fin	Quick	Caudal fin
Parasilurus asotus	Namazus	Slow	The whole body	Quick	The whole body
Triacis scyllium	Dozizame	Slow	The whole body	Medial	The whole body
Sphoeroides rubripes	Mafugu	Slow	Dorsal and anal fins	Quick	Caudal fin
Uranoscopus japonicus	Mishimaokoze	Slow	Pectoral fin	Medial	The whole body
Sparus swinhonis	Kurodai	Medial	Pectoral and caudal fins	Quick	Caudal fin
Cleisthenes herzensteini	Sohachikarei	Slow	Dorsal and anal fins	Slow	Dorsal and anal fins
Scomber japonicus	Masaba	Quick	The latter half of body	Quick	The latter half of body
Pagrosomus major	Madai	Medial	Pectoral and caudal fins	Quick	Caudal fin
Seriola quinqueradiata	Buri	Quick	The latter half of body	Quick	The latter half of body
Cypsilurus agoo	Tobiuo	Medial	Caudal fin	Quick	Caudal fin

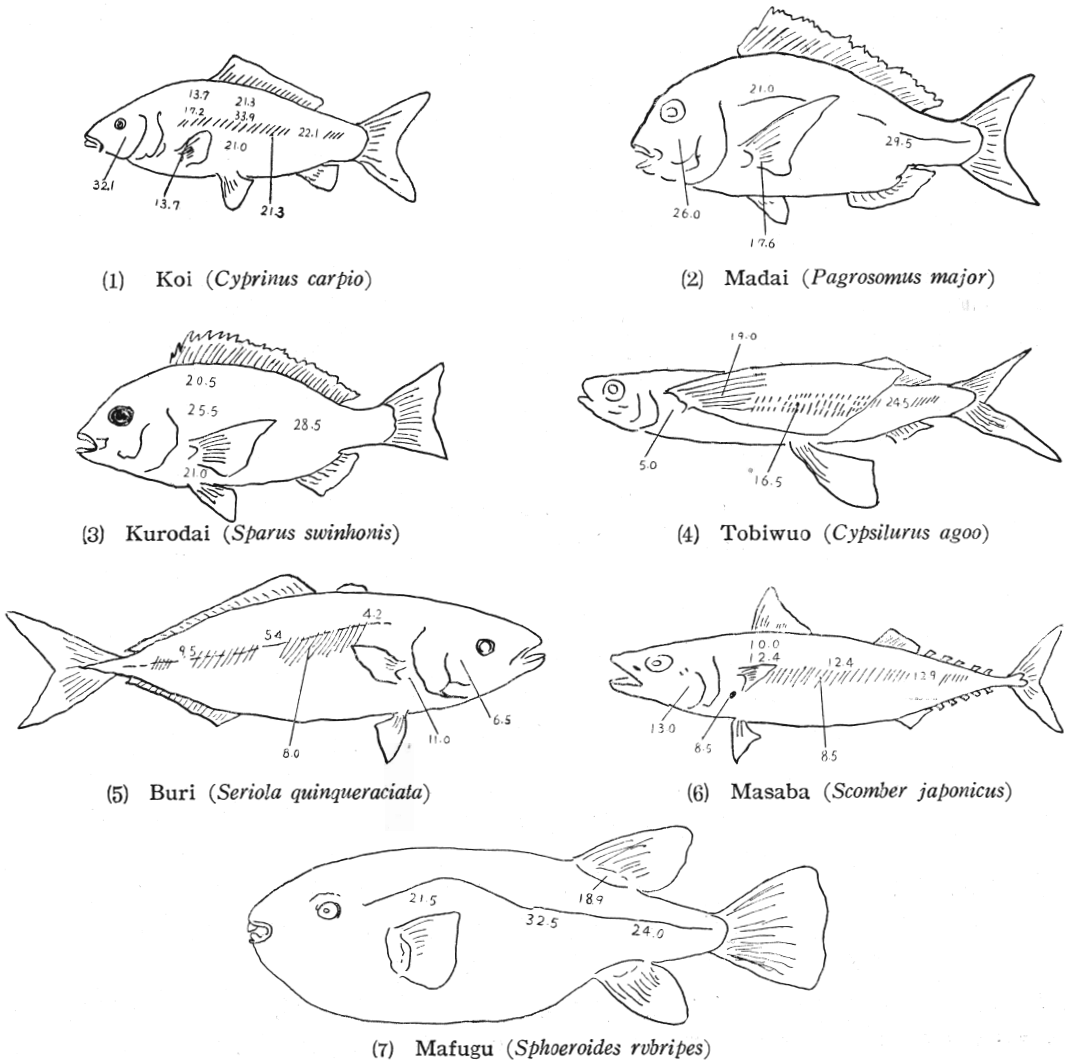
次に魚体の各部位に於ける“洗い”に依る縮みの量を見ると第1図に示す如くである。一般に体中央部の背側筋が最も良く収縮するが、魚類に依つて体の前半部の背側筋と後半部の背側筋では、その縮みの度合が異つている。即ち急速な運動を行う場合に、主として尾鰭又は体の後半部を使用するコイ、タイ類、トビウオ、サバ、ブリ、フグ等は体の前半部より後半部の背側筋が良く縮むが、胸鰭又は体全体を動かして運動するドヂザメ、ナマズ、ミシマオコゼ等は体の後半部の背側筋よりは前半部の背側筋の方が良く縮んでいる。また背鰭及び尻鰭をよく使用するマフグの場合は背鰭及び尻鰭条屈筋がよく縮む。一方ナマズ、トビウオ、サバの如く、游泳に際し胸鰭を余り使用しない魚類では胸鰭

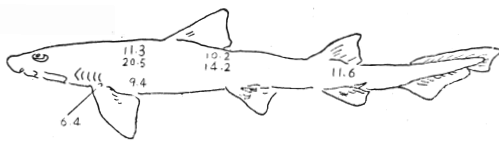
拳筋或いは胸鰭拳筋と連絡のある腹側竜骨筋の“洗い”に依る縮みが小さいが、マダイ、クロダイ、ミシマオコゼのように胸鰭が良く発達し、特に良く胸鰭を使用する魚類では胸鰭拳筋及び之と連絡のある腹側竜骨筋の“洗い”に依る縮みが大である。

更に普通の魚類では体の中心部である背側筋が最も良く縮み、背側竜骨筋、背側竜骨上筋となる程その“洗い”に依る収縮度が小さくなるのが普通であるが、ソーハチガレイの如く体が扁平となり、背鰭及び腹鰭を使用して漕艇型の游泳を行うものは、これと全く逆となつて背側筋の縮みが最も小さく背側竜骨上筋の縮みが大となつている。また血合筋のような赤色筋は白色の筋肉に比較して一般に収縮度が小さいのであるが、コイ、タイの咬筋或いはフグの背鰭条屈筋等は赤色筋であるけれども比較的良く縮んでいる。

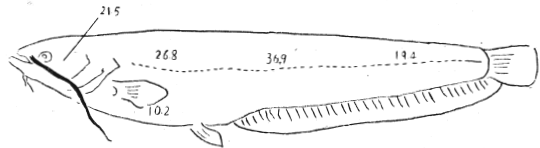
即ち同一魚種に於いては外見上運動の激しい部位の筋肉程“洗い”に依る筋肉の収縮度は大きくなるような結果を示している。

Fig. 1 Difference of muscle contraction by “Arai” phenomenon at various parts of body of fishes.





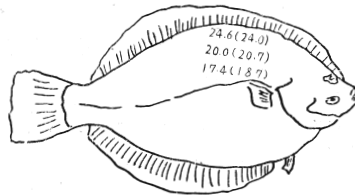
(8) Dozizame (*Triakis scyllium*)



(9) Namazu (*Parasilurus asotus*)



(10) Mishimaokoze (*Uranoscopus japonicus*)



(11) Sohachikarei (*Cleisthenes herzensteini*)

次に洄游性の赤色魚肉魚類であるブリ、サバ等の骨格筋は“洗い”に依る縮みが小さいが、一般に定着性魚類である白色魚肉魚類は良く縮む。しかし自身の魚類でも運動の鈍いカレイ、サメ等は小さく、コイ、タイ、フグ等は良く縮む。

次に“洗い”に依る縮みの量と筋肉内のATP量との関係を見ると第2図に示すように零点を原点として大体直線的な関係を示し、“洗い”に依る縮みの量と筋肉内の adenylyl polyphosphate の量とは極めて密接な関係があり、その相関係数は各魚種共 +0.8~0.9 以上を示している。

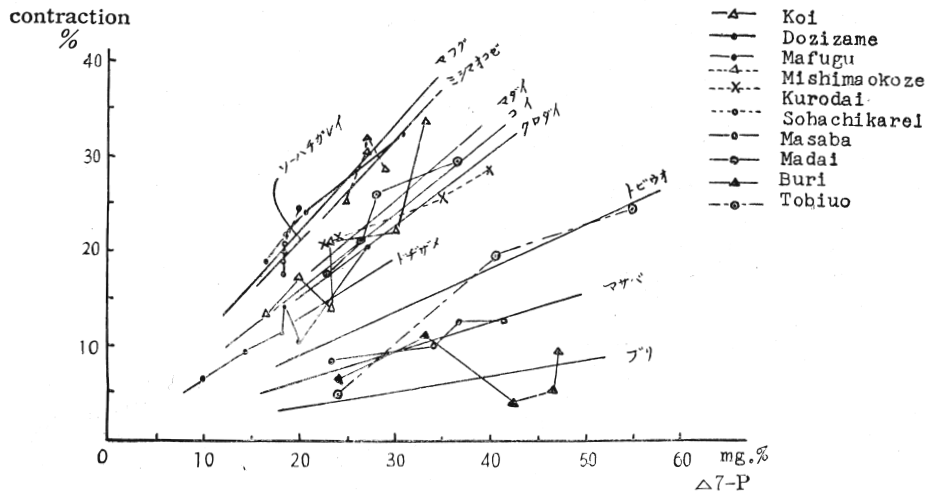


Fig. 2 A relation between the muscle contraction by “Arai” and the amount of A.T.P. in muscle of fishes.

そしてこの際注目されることはATPと“縮み”との関係が、魚種の洄游或いは游泳状態と密接な関係を示しておるように見えることである。即ち第2図から同一ATP量に対する縮みの量は、ブリ<サバ<トビウオ<ドゼザメ<クロダイ=コイ=マダイ<ミシマオコゼ=マフグ=ソーハチガレイの順で大となるが、洄游の大きさの順位であると考えられるブリ>サバ>トビウオ>ドゼザメ>クロダイ=コイ=マダイ>ミシマオコゼ=マフグ=ソーハチガレイと全く反対の順序を示しておること

あつて、体型が游泳に不適当な魚種程、少量のATPで大きな縮み方をする事が判明する。

このことは体型上から想像して、洄游性魚類は極めて僅かの筋肉収縮に依つても急速な游泳を行うことが出来るが、白色魚肉魚類である定着性魚類はその体型が游泳に不適当な為、常には静止しているが、急速な游泳を行う際には短時間であるが極めて激しい且つ強大な筋肉収縮を行わなければならない、その為このような白色魚肉魚類は多量のATPを有すると共に、少量のATPに依つてもその収縮度が高いことを必要とするのではないかと考えられる。一方洄游性の魚類は持続的な游泳運動を行う為多量のATPを必要とするが、同時に絶えず消費されるATPを急速に補給する為には筋肉中に多量のglycogenを保有すると共に解糖作用も盛んであつて、その為筋肉のpH値の低下が予想され、筋肉の収縮度が小さくなるが、このことは上述したように体型に依つて之を補い、

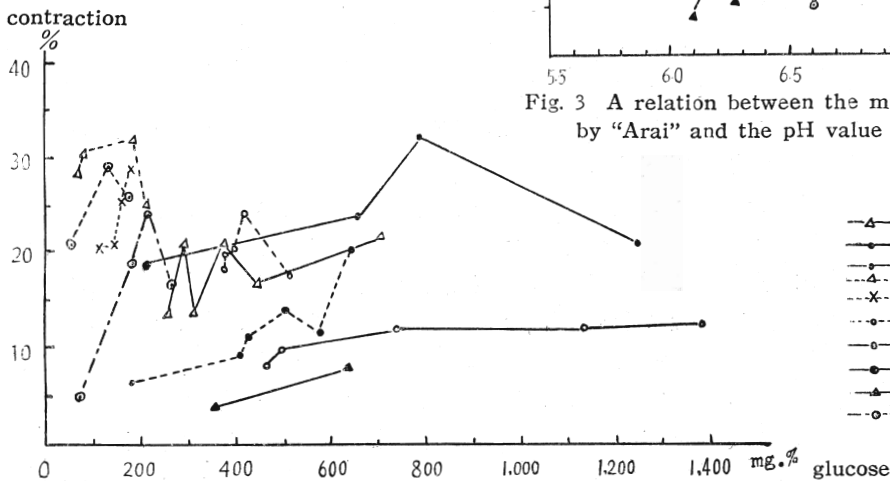


Fig. 4 A relation between the muscle contraction by "Arai" and the amount of glycogen in muscles.

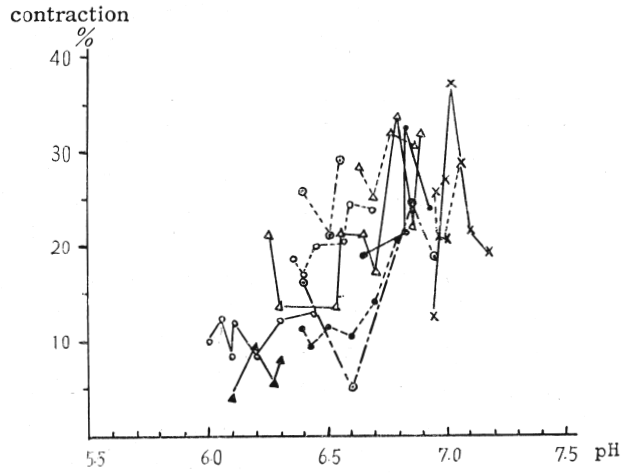


Fig. 3 A relation between the muscle contraction by "Arai" and the pH value of muscles.

- △— Koi
- Doizame
- Mafugu
- △— Mishimaokoze
- x— Kurodai
- Sohachikarei
- Masaba
- Madai
- △— Buri
- Tobiuo

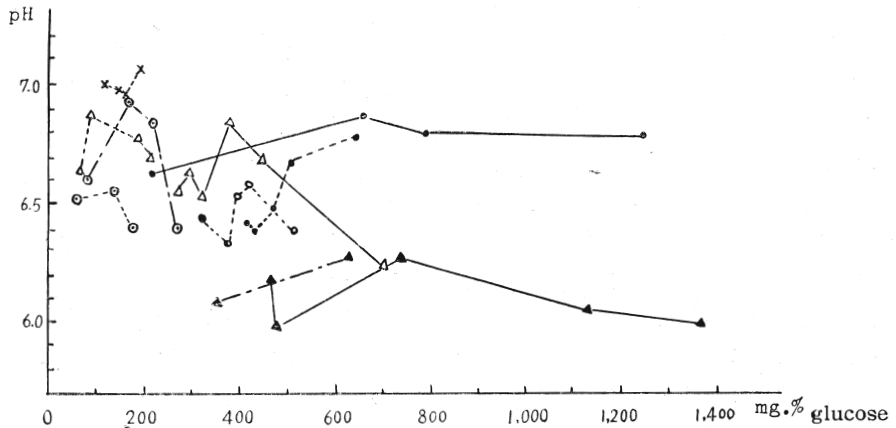


Fig. 5 A relation between the amount of glycogen and the pH value of muscle.

僅かの筋収縮に依つて急速な游泳が可能となつておるものと想像される。一方定着性の魚類は体型が游泳に不適當である為、必要時には強大な筋収縮を行わねばならないが、その為には筋肉が中性であることが必要とされ、従つて解糖作用が盛んであることは不適當であるので、筋肉内の glycogen 量も少なく、解糖作用も盛んでないが、その結果は直ちに ATP が消費されて持続的の運動が不可能であると云う結果となり、既に Needham<sup>2)</sup> が述べている“赤色筋は持続的の運動に適するが白筋は短時間の且つ強大な収縮に適する筋である”と云うことと良く一致している。

第3図は筋肉 pH 値と“洗い”に依る縮みの量との関係を示すものであるが、明らかに筋肉 pH が中性に近い程良く収縮し、特に pH 値が 6.5 以下となると、その収縮度が小さい傾向を示している。勿論この場合の筋肉 pH 値は死後の筋肉 pH 値であつて、死殺時の影響があり、生活時の筋肉 pH 値はより中性に近いと思われるが、筋肉 pH 値が 6.5 以下となると急激に収縮度が低下している。第4図は glycogen 量と“洗い”に依る縮みとの関係であるが、同一魚体に於いては glycogen 量と縮みとの間には明瞭な関係は認められないが、魚種の差異を見ると明らかに glycogen 量の多い魚種程縮みの量が小さくなつてゐる。このことは glycogen が筋肉収縮のエネルギー源であると考えられる ATP 等と密接な関係があるの一見矛盾してゐるように思われるが、しかし一般的に云つて、glycogen 量が多い場合には解糖作用も盛んで乳酸の生成も多く、従つて筋肉 pH 値の低下が予想され、第5図に示すように筋肉中の glycogen 量と pH 値とはフグを除いては逆の傾向にある。また第4図ではマフグのみが例外的に glycogen 量が多いにもかかわらず縮みの量も大きい、第5図に於いてもマフグのみが glycogen 量が多いのに係わらず例外的に pH 値が高い。即ちこのことは第3図からも明らかのように、glycogen 量が筋肉の縮みに及ぼす影響は直接的なものではなくて、筋肉の pH 値と云う解糖作用の結果に基く 2 次的影響を通じての影響であろうと考えられる。

即ちこのように魚種に依つて縮み方が異なるのは、筋肉内の glycogen 量の差異に依るものではなくて、主として影響するものは筋肉内の ATP 量と pH 値に依るものではないかと思われる。普通 myosin の ATP ase 等の至適 pH は 6.0 以上で 6.0 以下となるとその作用が急速に阻害されると云われておる<sup>3)</sup> ことから、pH 値が中性に近いフグ、オコゼ、コイ等は良く縮み、pH 値が 6.0 に近いサバ、ブリ等の赤身の魚の収縮度が低いのも当然であるとも考えられる。一般に筋収縮のエネルギー源となる T A P 等は glycogen から解糖作用に依つて補給され、glycogen はついには乳酸となるのであるが、赤色の骨格筋を持つたブリ、サバ等は常に持続的な游泳運動を行つて、大きな洄游を行う為解糖作用も盛んであるが、同時に体型も筋肉の僅かの縮みに依つても急速なスピードが出る様な体型となつてゐる。しかしコイ、タイ、フグ、ミシマオコゼ等の定着性魚類は大きな洄游を行わないし、その体型も游泳に適當でない。そこでこのような白色魚肉魚類は ATP の分解に適するように、筋肉の pH 値が中性で glycogen 量が少なく、短時間の急速な運動に適するが、ATP は速に消失して直ちに補給されないので速かに疲労し持続的な運動に適しない。一方ブリ、サバ等は ATP、glycogen 量が多く、解糖作用が盛んで pH も酸性側にあるので、筋肉は急速な運動には適しないが、持続的な運動に適し、大きな洄游をすることが出来る。しかもその運動の速度は体型が極めて游泳に適してゐるので、僅かの筋肉の収縮に依つても急速な速度で游泳することが可能であることも想像される。勿論 ATP 量や glycogen 量、筋肉 pH 値等は死殺方法、死殺前の栄養等で異なるのみならず、死後短時間に変化し易いので、個体差に依る影響が大きいことも予想されるが、以上のようなことから魚類筋肉の“洗い”に依る縮みの測定により、魚種及び魚体の各部の運動量や性格等を推測することが出来ると共に、筋肉内の glycogen 量、pH、ATP 等の含有量に差異のあるのは、その魚種や魚体部位の筋肉の運動と密接な関係があり、筋肉の運動生理学的な原因に依つて、このような魚種或いは魚体各部位間の差異が生じたのではないかと想像される。

終りにこの実験の機会を与えられた日水研内橋所長及び鼠ヶ関水族館長五十嵐伊左衛門氏に感謝の意を表す。

## 摘 要

(1) コイ以下11種の魚類の各部位に於ける筋肉の“洗い”に依る縮みの量、筋肉のpH値、ATP量、glycogen量等の調査を行った。

(2) この場合の筋肉の“縮み”量と観察に依る魚類の運動とは良く一致した関係があるようである。

(3) “洗い”に依る筋肉の縮みの量と筋肉内のATP量との間には直線的の関係があり、大きな洄游を行う魚種(游泳に適当な魚型)程同一ATP量に対する縮みの量は小さい。

(4) 縮みの量は筋肉pH値が中性となる程良く縮み、酸性となる程縮み方が小さい。

(5) 骨格筋中にglycogenの多い魚種と縮みの量とは逆の関係にあるが、これはglycogen量に依る直接の原因ではなくて、glycogenの多い魚種は解糖作用も盛んでpH値が酸性となり易く、その結果縮み量も小さいのであると想像される。

(6) 赤身の魚類は一般にATP量も多いが同時にglycogen量も多く、解糖作用も盛んで筋肉pH値も酸性側に傾き易く、従つて“洗い”に依る縮みの量が小さい。一方自身の魚はglycogen量が少なく、解糖作用も遅いのでpHが中性に維持され、従つて筋肉が良く収縮する。このことはこのような魚類の生活時の游泳運動の生理・生態と密接な関係があるものと思われる。

## 参 考 文 献

- 1) 本誌: 第1報
- 2) D. M. Needham: Phys. Rev 1928.
- 3) K. Bailey: "Advance in protein chemistry" 1, 297, 1944.  
H. M. Karckar: J. Biol. 143,299, 1943.  
N. E. Sakov: Biochimia, 6, 163, 1941.