

電気捕鯨用電線に関する研究

久本 方*・高橋長一郎*・山本三郎*

Studies on the Electric Whaling Cables

By Tadashi Hisamoto, Chōichiro Takahashi and
Saburō Yamamoto

Hitachi Electric Wire and Cable Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

Electric whaling is one of the largest scale enterprise in the aquatic industries of the world, but the present whaling practice have made no improvement since the invention of the explosive harpoon method by the Norwegian in 1863.

In order to supply the whale-oil of low cost and win in a competition in whaling circles of the world, we must make an epoch making improvement of the efficiency of whaling.

For this purpose the Nippon Suisan Ltd. commenced to test the electric whaling in 1941 for the first time in our country. Since then Hitachi, Ltd. has produced the electric whaling cables of trial type in cooperate with them.

After the war a committee for promoting and studying the electric whaling was established again, and Hitachi, Ltd. has been taking a part of the studies on the characteristics of the electric whaling cables and trial manufacture of those cables, and the brief descriptions are given about the course of studies as follows.

(1) Several types of cables — A and B type in 1949 and I, II and III type in 1950—were tested in the adjacent seas, and from the practical test we have found that the construction of rubber cored and spiral conductor type cable satisfies sufficiently the requisition of practical use such as light weight, flexibility and elasticity.

(2) After the researches on temperature rise of cables of successible use of short time rating (flowing electric current) the trial manufactured cables are found good for carrying the over current of from 2 to 4 times of whale killing intensity.

(3) Based on these valuable studies, the continuous test of electric whaling is now under contemplation in the Antarctic Ocean at present. (Oct. 30, 1950).

[I] 緒 論

捕鯨事業は世界の水産業の中で最も規模が大きく且最

* 日立製作所日立電線工場

も近代化された装備をもっている事業の一つである。

捕鯨の歴史は非常に古く 1863 年にノルウェー式捕鯨法（火薬銃）が発明されて以来今日に及び、その間捕鯨船の大型化・高速化及び母船方式による企業の大規模化

鯨體處理の近代化等には改良進歩のあとが見えるが、捕鯨方式については——勿論大砲・銃・網・捲揚機等が進歩はしているが——根本的にその方式を變えるというところ迄發達していなかつた。

ところが世界の捕鯨界にあつて低原價の鯨油及び鯨肉を供給してその競争に打勝つためには捕鯨能率の劃期的向上を圖らなければならない。

ここに於いて捕鯨方式の改革即ち電氣捕鯨法の研究意義と必要性が生れて來た譯であり昭和 16 年にいち早く岩本氏¹⁾によつて提唱され直に實用試験にはいつた所以もそこにある。

終戦後文部省及び農林省の後援の下に電氣捕鯨實施研究委員會が出來日立製作所としては捕鯨用電線の機械的電氣的諸性質に関する研究及び同電線の設計と試作を分擔したので本論文ではその研究及び試作の經過の概要を報告したいと思う。

〔II〕 電氣捕鯨の沿革

電氣を用いて鯨をとるという着想はノルウェーに於いて 1882 年に始り 1905・6 年頃に更に進歩したが實際に鯨をとつたのは 1928 年のようである²⁾。

我が國に於いては日本水産の要望により、捕鯨用電線及び電源装置は日立製作所で製作納入して¹⁾、第 16 昭南丸ついで擗提丸で昭和 16・17 の兩年にわたり三陸沖及び小笠原方面で試験を行い約 30 頭の鯨を捕獲したのがその始りである。

その後この試験は今次戦争のために一時中絶したが終戦後再び前述の電氣捕鯨實施研究委員會の指導の下に昭和 24 年には日本水産第 1 太平丸で 8 頭³⁾、續いて本年は日本水産の第 2 拓南丸及び大洋漁業の第 5 關丸で試験し何れも數十頭の鯨を捕獲して好成績を得たのでいよいよ今冬は南氷洋の初舞臺に出ることを豫定されているような次第である。

さてこの電氣捕鯨法とは捕鯨船内に裝備した交流電源——普通 220 V, 60~70 A 程度——より可撓性のある電纜ロープ及び銃を経て鯨體に通電し、鯨の口腔或は肛門・海水を通過して船に歸る回路により鯨の神経系統を

第 1 表 電氣銃と火薬銃による捕鯨方式の比較

(○印 長所、×印 短所)

Table 1. Comparison between Electric harpoon and Explosive harpoon for Whaling.

比較項目	電 氣 銃	火 薬 銃
電源装置	×要	○不要
ロープ	○張力 4 トンで充分であり安價なラミ一麻でよい	×張力 10 トンを必要とし極めて高價な絹網を用いなければならない
捕鯨用電線	×要	○不要
砲	○ロープが軽くなるために砲の口径も小さくなり (70φ) 直射弾道が使い易く命中率も高くし得る	×砲の口径も大きく (100φ) ロープが太いために初速も小さく命中率も低い
中 網	○鯨は命中後間もなく活動を停止するので中網を必要としない	×鯨が弱る迄長い間鯨と綱引きをやるので太い長い中網を必要とする
捕鯨船の構造	○綱倉ばね装置等も不要で捕鯨船の構造は簡單となる。(電源装置を入れる小さな場所のみでよい)	×長い太い中網を入れるために大きい綱倉と綱に張力を與えるためのばね装置マスト上の滑車等を必要とし捕鯨船に大きい空席をとると共にその構造も複雑となる
銃 と の 續 接	×やや難しい	○電氣銃に比べて綱の結びつけ作業が容易である
砲 手 の 危 懼	×砲手は電氣を用いるということだけで既に危険性を感じている	○長年使い馴れた火薬銃に対する執着が強く電氣銃は危険であるという感じを先入感的にもっている
捕鯨能率	◎命中後數分以内に鯨は活動を停止するので直に次の鯨體引よせ作業にかかれる	×命中後も數十分、時には數時間も鯨と綱引きをやつて鯨の弱のを待たなければならないので能率は極めて悪い
鯨 肉	○電氣銃でとつた鯨の肉はうまいといわれている	×もともと鯨の肉はうまくない

麻痺させて極めて短時間 (數分以内) に鯨を死に至らせる捕鯨法であり、この捕鯨法によると捕鯨能率を高め得ることは勿論鯨肉も美味であるといわれている。

参考迄にこの電氣捕鯨法(電氣鉞)と従来のノルウェー式捕鯨法(火薬鉞)とを比較すると第1表のようになる。

[III] 捕鯨用電線の構造

捕鯨用電線として最も強く要求されている点を列挙すると

- (1) 捕鯨用電線は鉞につけて發射するものであるから軽いことが第一に必要である。
- (2) 命中精度をよくするためには可撓性のあることを要する。
- (3) 電線の外周にラミーを巻きつけて補強材としているので發射時に電線もラミーと一緒に伸縮しなければならない。
- (4) 鉞と鯨體との間等接觸抵抗が大きい部分が多いので電線自體の導體抵抗は少いことを要する。
- (5) ラミーに油を含浸させるので電線被覆物はある

程度耐油性であることが必要である。

これらの点を考えに入れて今迄に試作並に製造した捕鯨用電線の構造を第2表及び第1圖(次頁参照)に示す。

次に所要の特性と構造との關係を述べると

(1) 電線を軽くするためには導體斷面積を小さくしなければならず⁴⁾。そうすると(4)の導體抵抗を少くする條件と矛盾する。そこで捕鯨用電線の通電時の溫度上昇を測定し短時間定格の許容電流を決定して導體の構成を定める資料とした。更に絶縁被覆の厚さを薄くするために保護被覆と、絶縁被覆とを兼ねさせ電線を出來るだけ軽くすることとした。

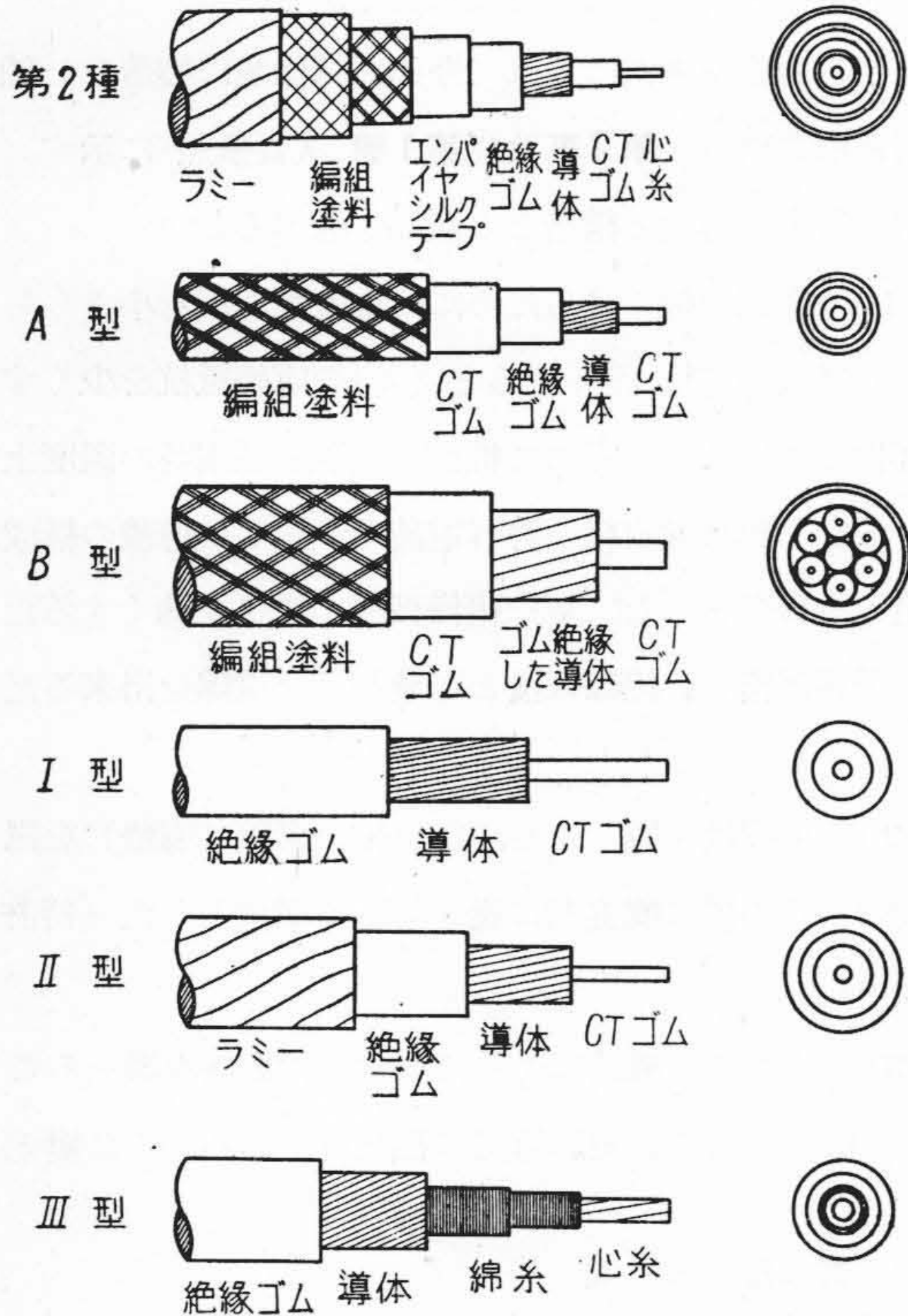
(2) 可撓性を與えるためには細い素線(導體)を彈力性のある心體に螺旋狀に巻き付ける構造とした(特許出願中)。

(3) またこの構造によれば電線に伸縮性を與えることは可能であるが、更に導體の撚角度をいろいろに變え

第2表 捕鯨用電線の構造と規格
Table 2. Construction and Specification of Electric Whaling Cables.

番 號	年次・型	心 體	導 體 (導體斷面積)	絶縁被覆	保護被覆	** 試験電壓 V/1分	** 絶縁抵抗 MΩ/km (20°)	重 量 kg/km	備 考 ***
1	昭和16年 第1種	CT ゴム*	錫めつき 軟銅線 (3.3mm ²)	絶縁ゴム エンパイヤシルク テープ	編組塗料	(1000)	(600)	85	伸張性不足
2	昭和16年 第2種	同上	同上 (3.7mm ²)	同上	同上	(同上)	(同上)	84	第16 昭南丸・擇 捉丸(日水) 近海
3	昭和24年 A型	同上	同上 (1.4mm ²)	絶縁ゴム	CT ゴム 編組塗料	1000	600	73	第1 太平丸(日水) 近海
4	昭和24年 B型	同上	同上 (5.1mm ²)	同上	同上	同上	同上	344	
5	昭和25年 I型	同上	同上 (1.4mm ²)	絶縁ゴム		同上	同上	49	第5 關丸(大洋) 第2 拓南丸(日水) 近海
6	昭和25年 II型	CT ゴム	同上 (同上)	絶縁ゴム	ラミ ー込 埋	同上	同上	70	(試験用)
7	昭和25年 III型	心 絲 綿絲横卷	同上 (同上)	絶縁ゴム		1000	600	49	
8	昭和25年 T, N 社納	CT ゴム	同上 (1.6mm ²)	同	上	1500	600	60	南氷洋

* CT ゴムとはキャブタイヤゴムの略字
 ** この値は規格値であつて實際の製品はこれよりも上位になつている
 *** B 型以外の捕鯨電線はラミーと撚り合せるとき3こ撚りして仕上げる



第1圖 捕鯨用電線の構造

Fig. 1 Construction of Electric Whaling Cable.

た試料——別の實驗より導體編組構造では伸縮性が足りないことを確めた——について負荷及び復元曲線を求めて検討した結果、實用上 15% 位の伸びを與えることは容易に出来るようになった、しかし残留歪（永久伸）を完全に除去することは出来なかつた。

これらの捕鯨用電線の特性和構造との關係の主要點の二三については後詳しく述べよう。

[IV] 捕鯨用電線の機械的諸性質

捕鯨用電線の機械的諸性質について可撓性・伸張性・伸縮性（疲勞特性）に分けて以下述べよう。

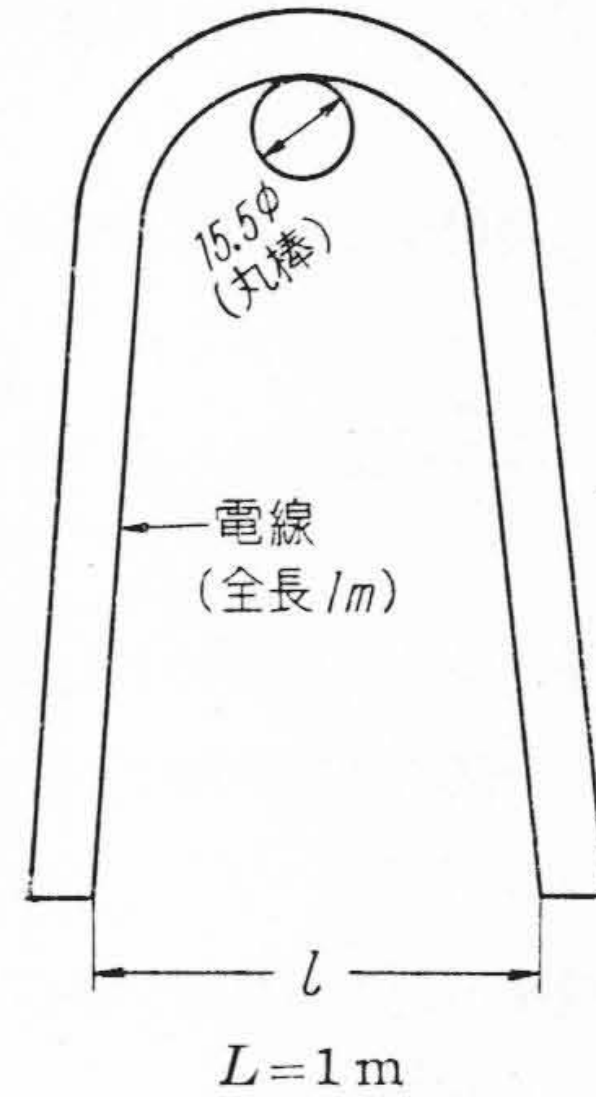
(1) 可撓性

一般の絶縁電線類の中にもある程度の可撓性があるが捕鯨用電線では銃の命中精度を高めるために特に高度の可撓性が必須の條件となつている。

この可撓性は屈曲自在な心體に細い導體を斜巻きする構造をとることによつてほぼ解決したが、可撓性の定義

とその測定法には數多くの問題を殘している。

本研究に於いてはある一定長 L の電線を取りそれを第2圖のように直徑 D の棒の上にかけて圖中の l 寸法を測定し簡単に相對的可撓性を比較することとした。



第2圖 可撓性の測定
Fig. 2 Measurement of Flexibility.

として可撓性を測定したところ第3表のようになった。

第3表 可撓性試驗結果
Table 3. Data of Flexibility Test.

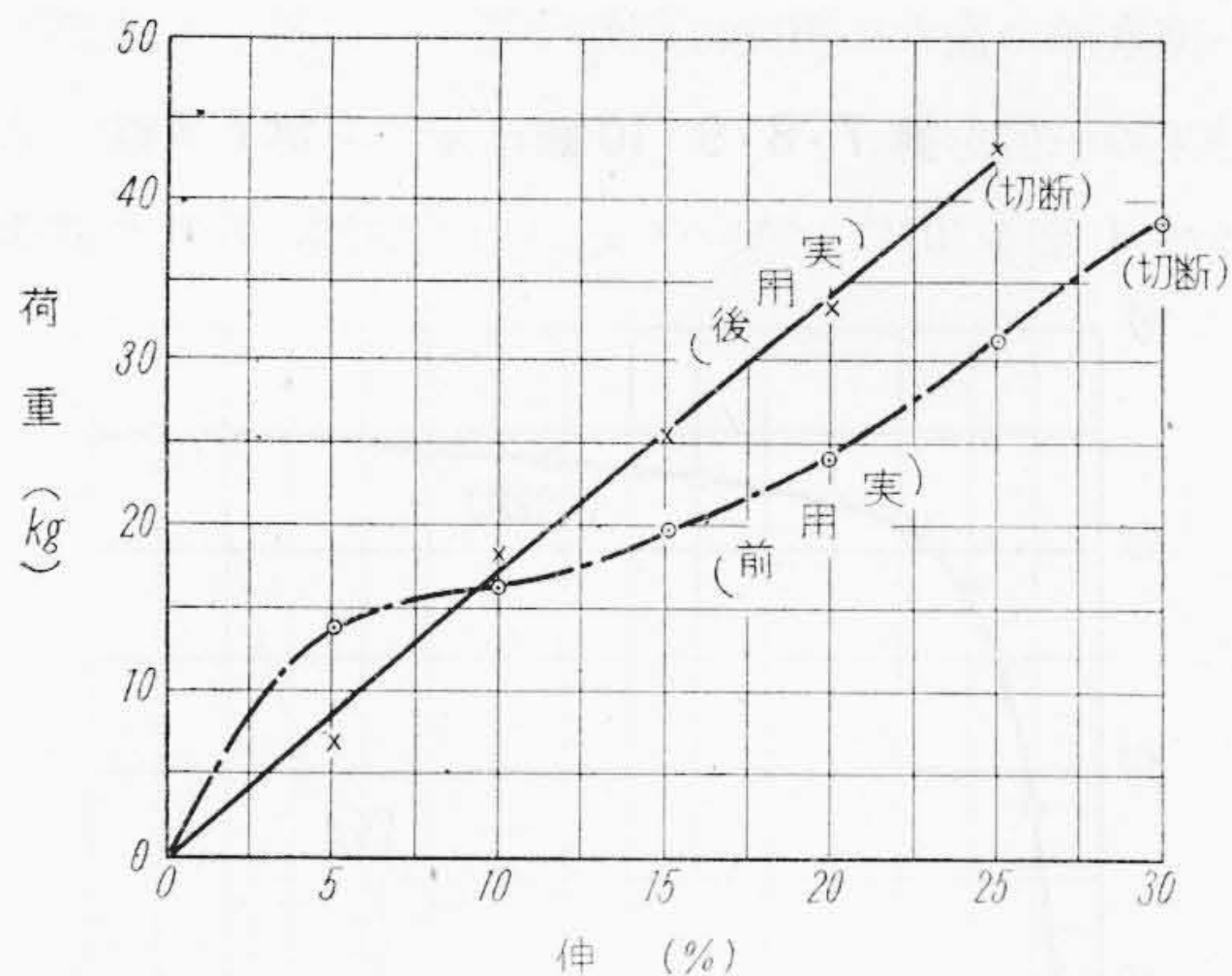
捕鯨電線の種類	l 寸法
A 型	14.6 cm
B 型	28.0 cm
I 型	13.5 cm
II 型	13.5 cm
III 型	15.5 cm

(2) 伸張性

先ず第2表に示した第1種の電線について引張試験を行つたところ伸3% 荷重 15 kg で破斷した。これより導體を編組した構造の電線では伸張性が足りないことがわかる。

次にA型の電線について實用前のものと一シーズン使用したものの引張試験を行い荷重と伸との關係を測定したところ第3圖に示すように實用前の最大伸30%は25%に低下した。これより心ゴム導體螺旋巻き構造の捕鯨電線では導體編組構造のものに比べて伸張性があり又これを實用に供することによりいくらか伸張性を減少するが桁違ひの變化はしないことがわかつた。

なお B 型の最大伸は 22% (荷重 100 kg) で破斷荷重は 120 kg であつた。

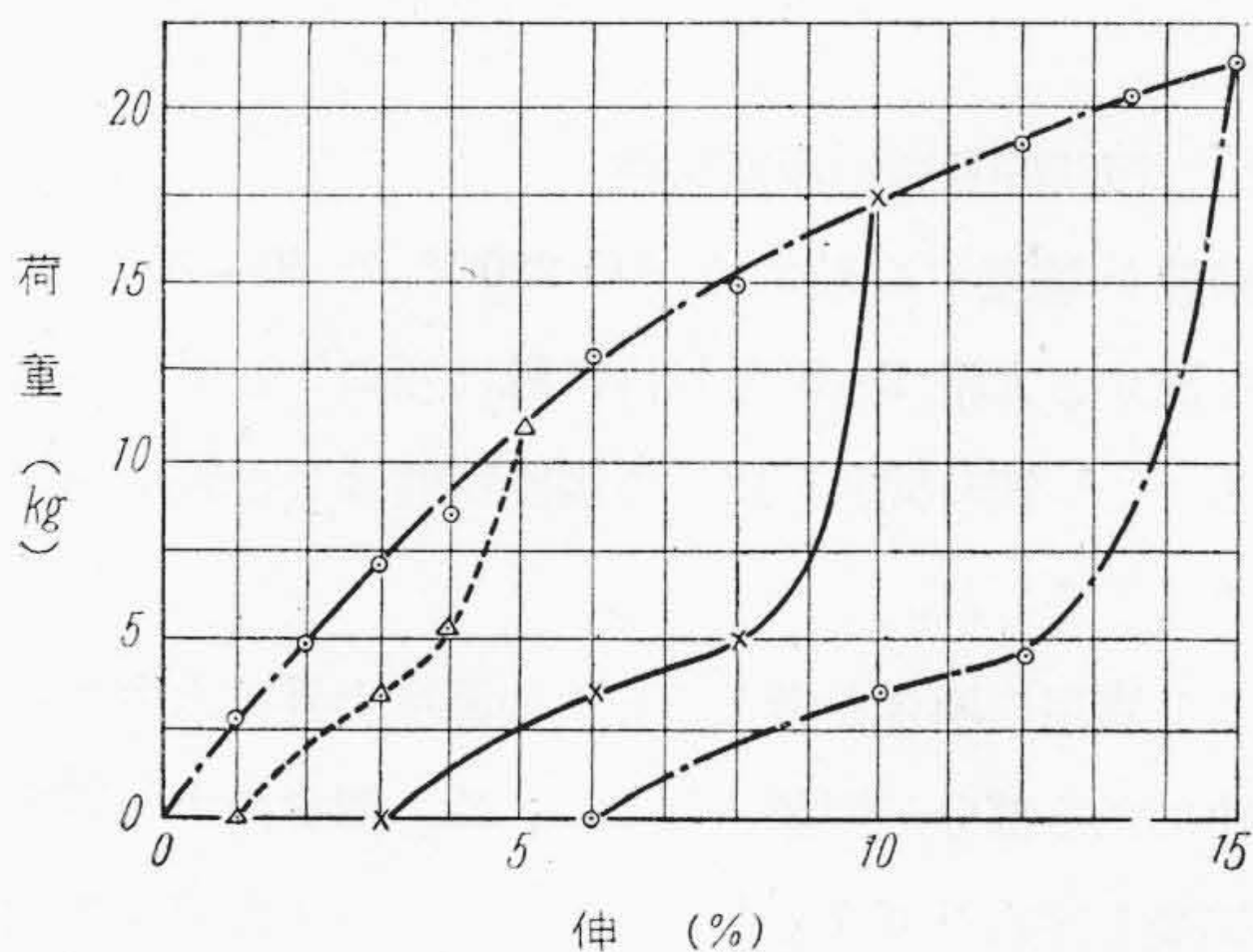


第3圖 伸張性の測定 (A 型)
Fig. 3 Measurement of Elongation. (A Type)

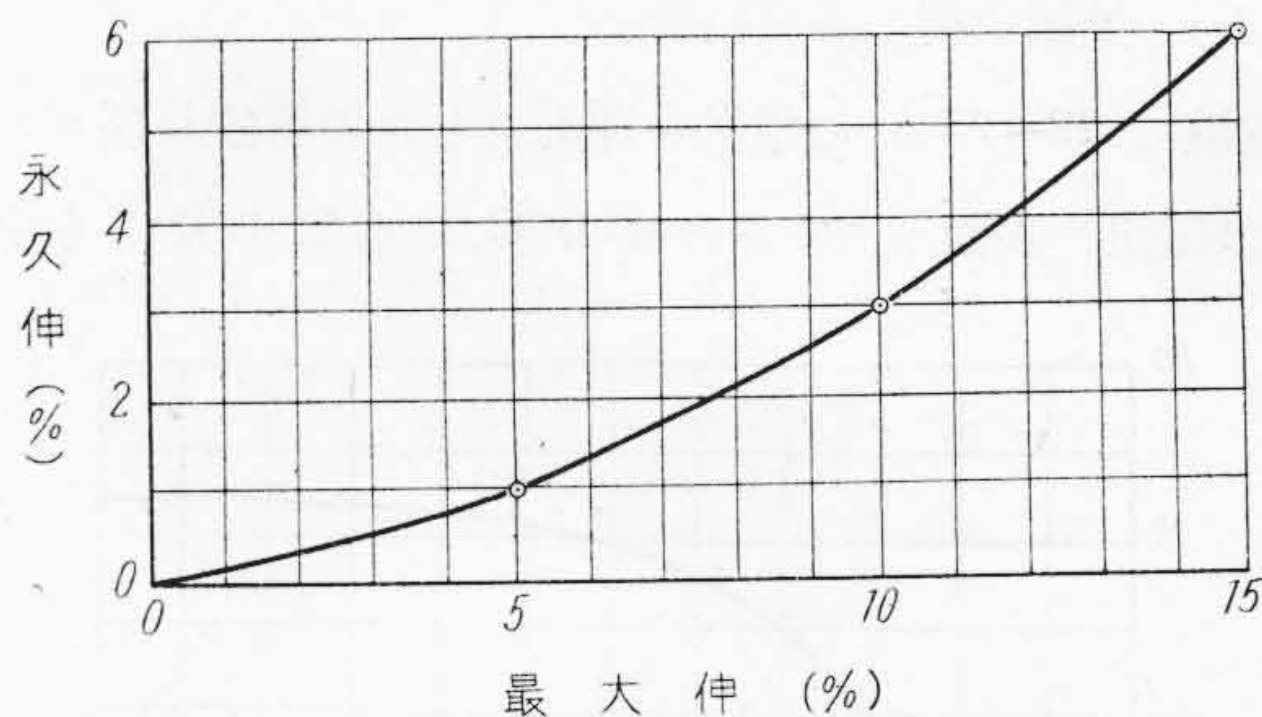
一方伸びと構造との関係を調べるために心ゴムにいろいろ違った撚角度で導體をまきつけ、その伸張性を調べたところ導體の撚角度と伸びに一定の関係があることがわかつたので A・I・II・III 型及び南氷洋向け電線では伸張性の最適条件を考慮に入れて設計することにした。

(3) 伸の復元性 (疲労特性)

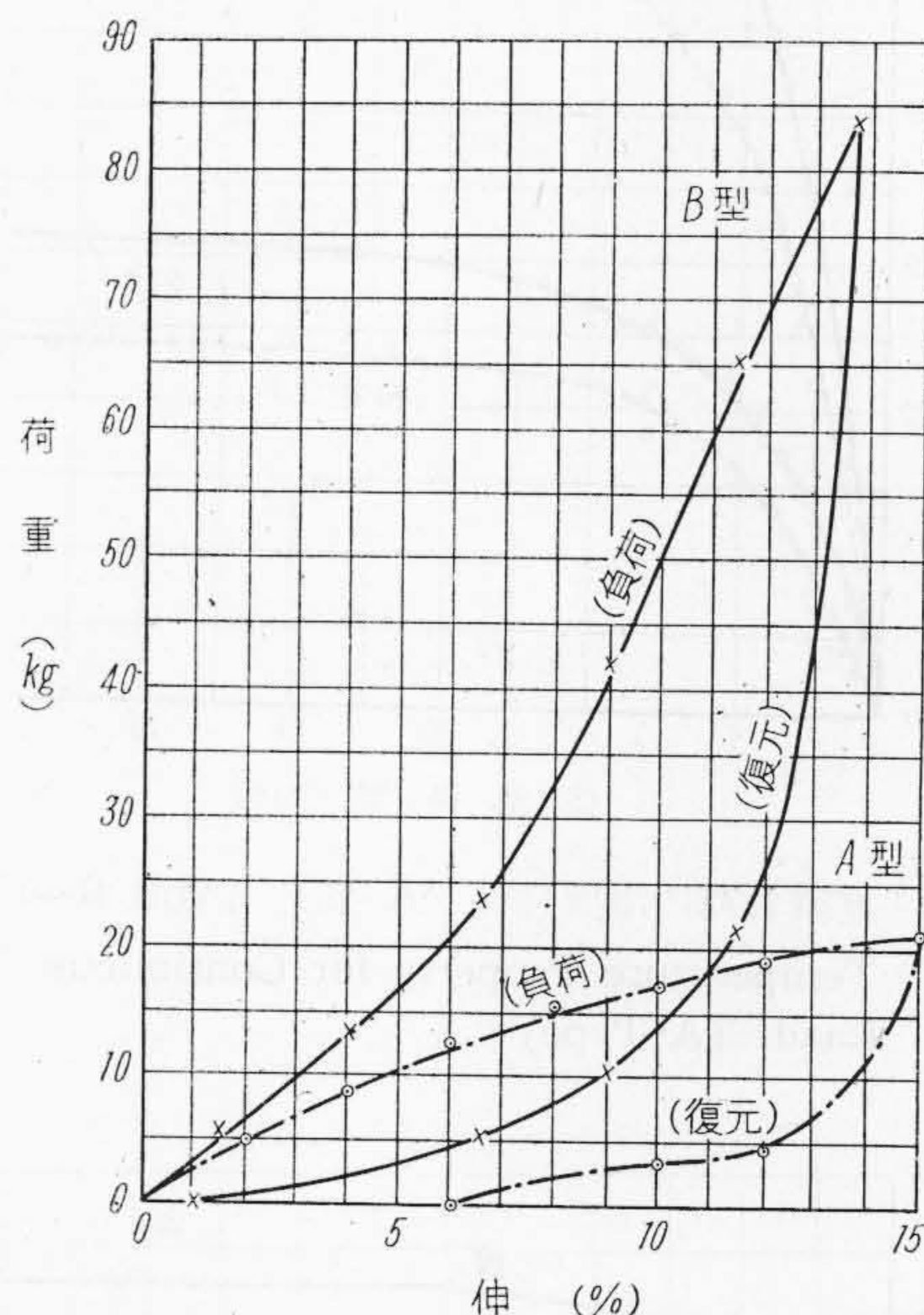
捕鯨用電線の最も大切なこと——他の電線には全く要求されない性質であるが——は銚の發射に際し電線が補強劑のラミーと共に伸縮して電線がラミーロープからはみ出したり或は破斷したりしないことである。それには電線の動的試験を必要とする譯であるが今迄の研究の結果により靜的試験の結果より或る程度判斷出来ることがわかつてるので本研究に於いては主として靜的研究を進めることとした。



第4圖 伸の復元性 (A 型)
Fig. 4 Reduction of Elongation. (A Type)



第5圖 疲労性曲線 (A 型)
Fig. 5 Curve of Permanent Elongation. (A Type)



第6圖 伸の復元性 (A 型と B 型)
Fig. 6 Reduction of Elongation. (A and B Type)

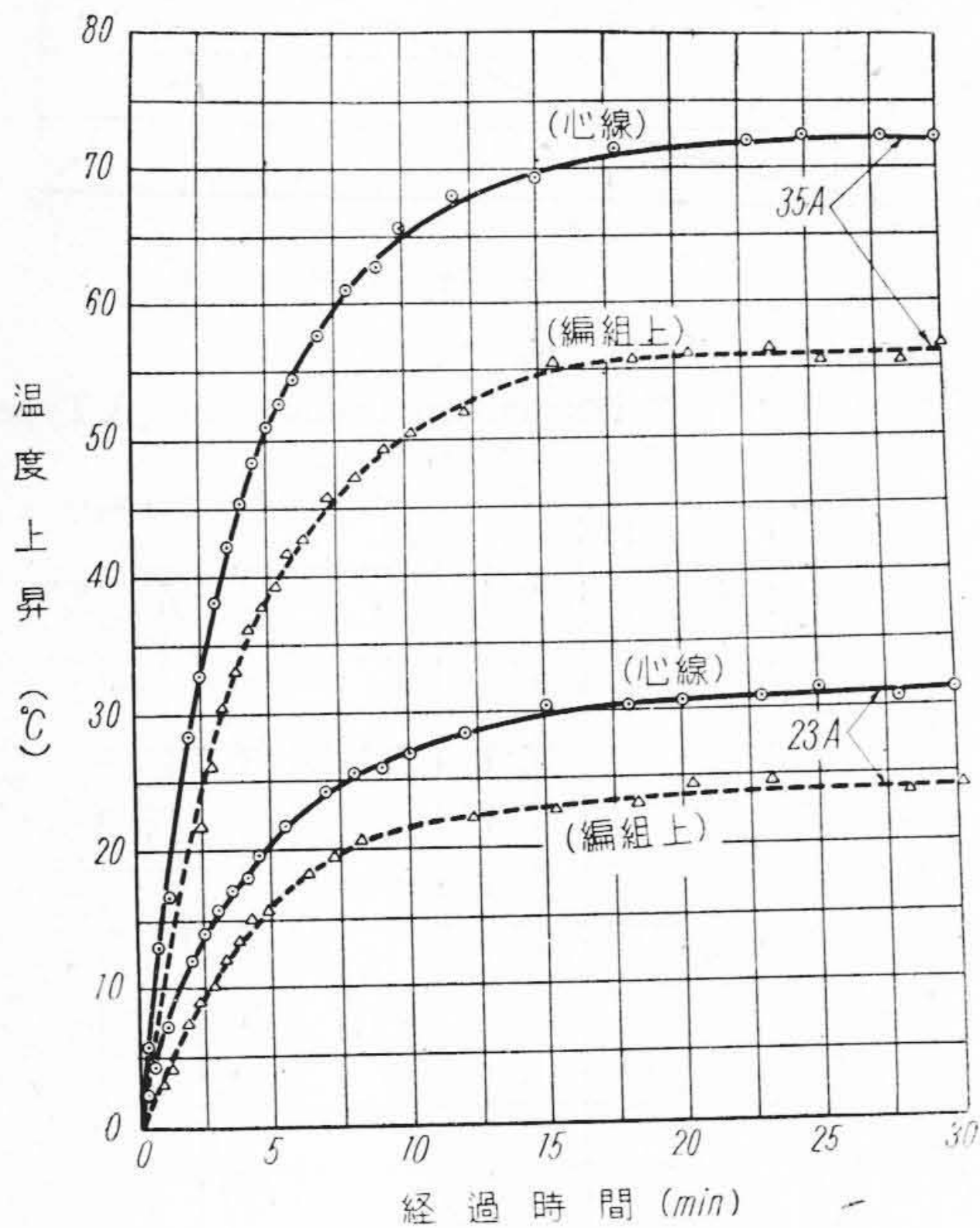
A 型電線について 5・10・15% 伸張の場合に於ける伸の復元性を求めると第4圖のようになり、その場合に於ける最大伸と永久 (残留) 伸との関係即ち疲労性曲線を求めると第5圖となる。なお参考迄に A 型と B 型との伸の復元性を比較すると第6圖のようになり A 型に比べ B 型の方が復元性に富んでいることがわかる。

[V] 捕鯨用電線の電氣的諸性質

捕鯨用電線を軽くするために適當な導體を選ばなければならないが、その方法として電線の電流溫度特性を検討してみた。なお電線の耐電壓・絶縁抵抗特性は第2表に示す通りである。

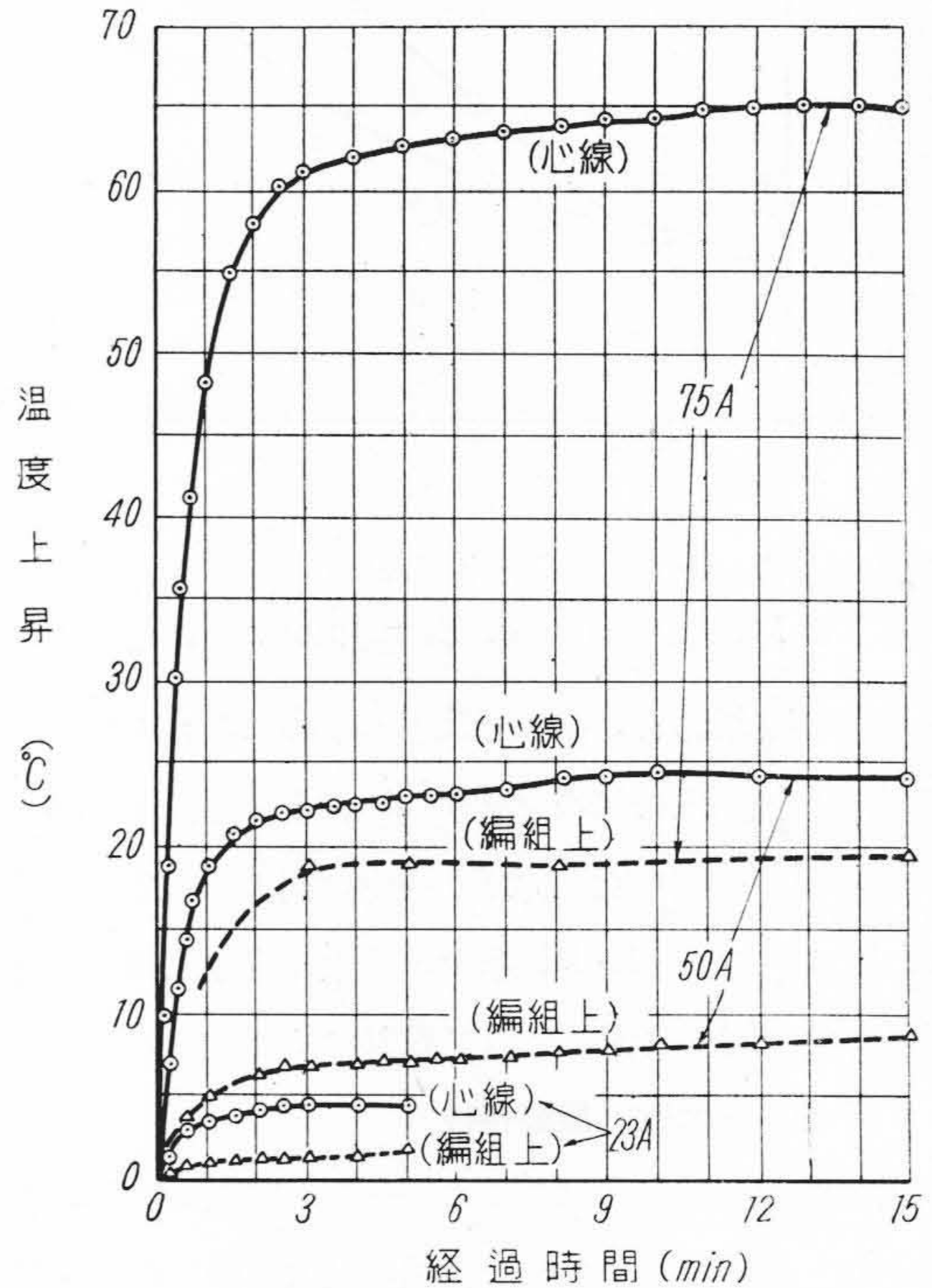
(1) 連続負荷の温度特性

電線に 23~75 A の電流を流したときの導体及びゴム (又は編組) 表面の温度をほぼ 0°C の空气中及び水中

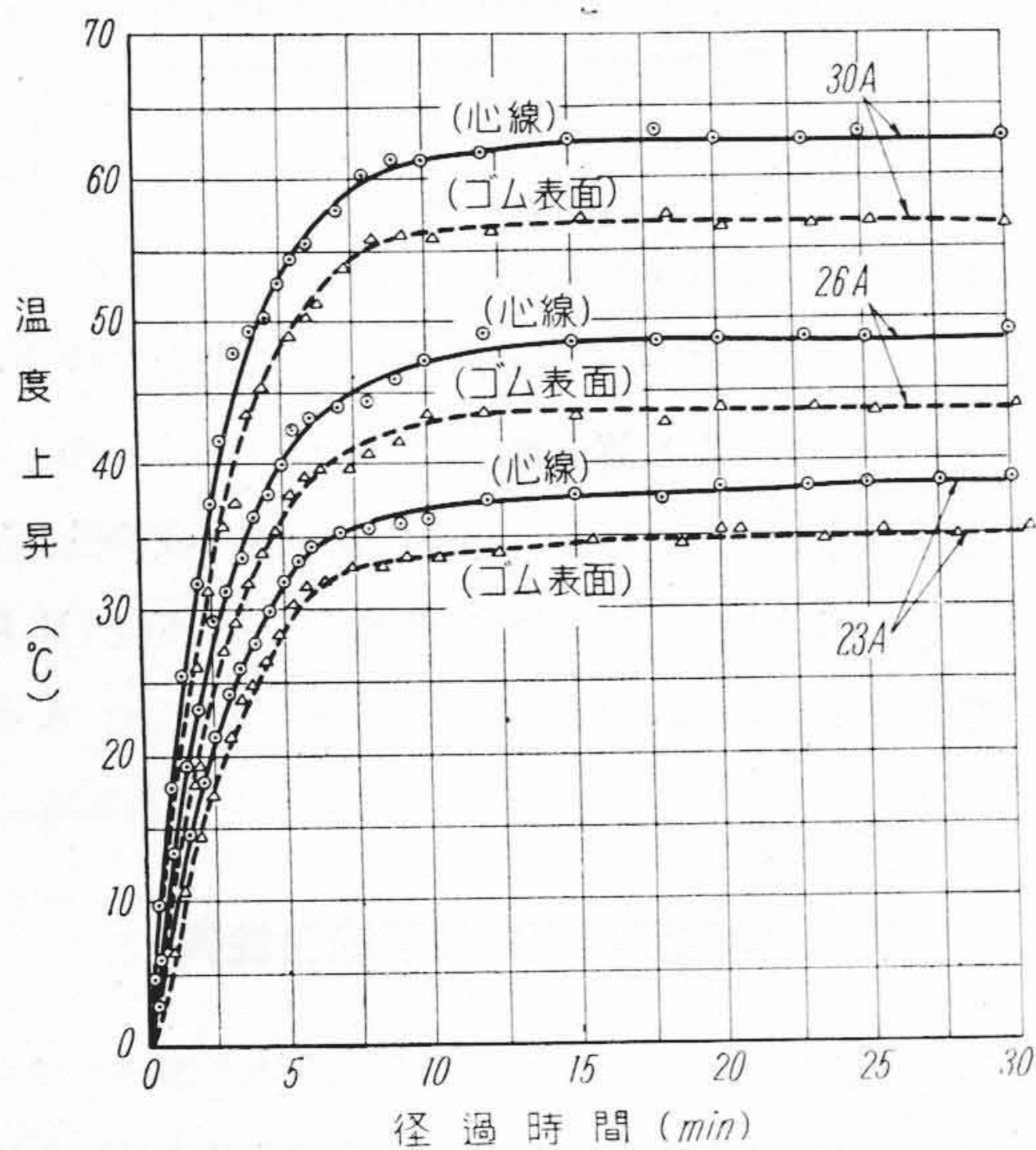


第 7 圖 連続負荷の温度特性 (A 型) (气温 0~1°C)
Fig. 7 Temperature Property for Continuous Load. (A Type)

——南氷洋の海水の温度に相当する——に於いて測定した結果の一例を第 7・8・9・10 圖に示す。第 7・8 圖は A 型及び I 型を 0°C に保つた空气中に架線の状態で測定



第 9 圖 连续負荷の温度特性 (A 型) (水温 0°C)
Fig. 9 Temperature Property for Continuous Load. (A Type)



第 8 圖 连续負荷の温度特性 (I 型) (气温 0~1°C)
Fig. 8 Temperature Property for Continuous Load. (I Type)

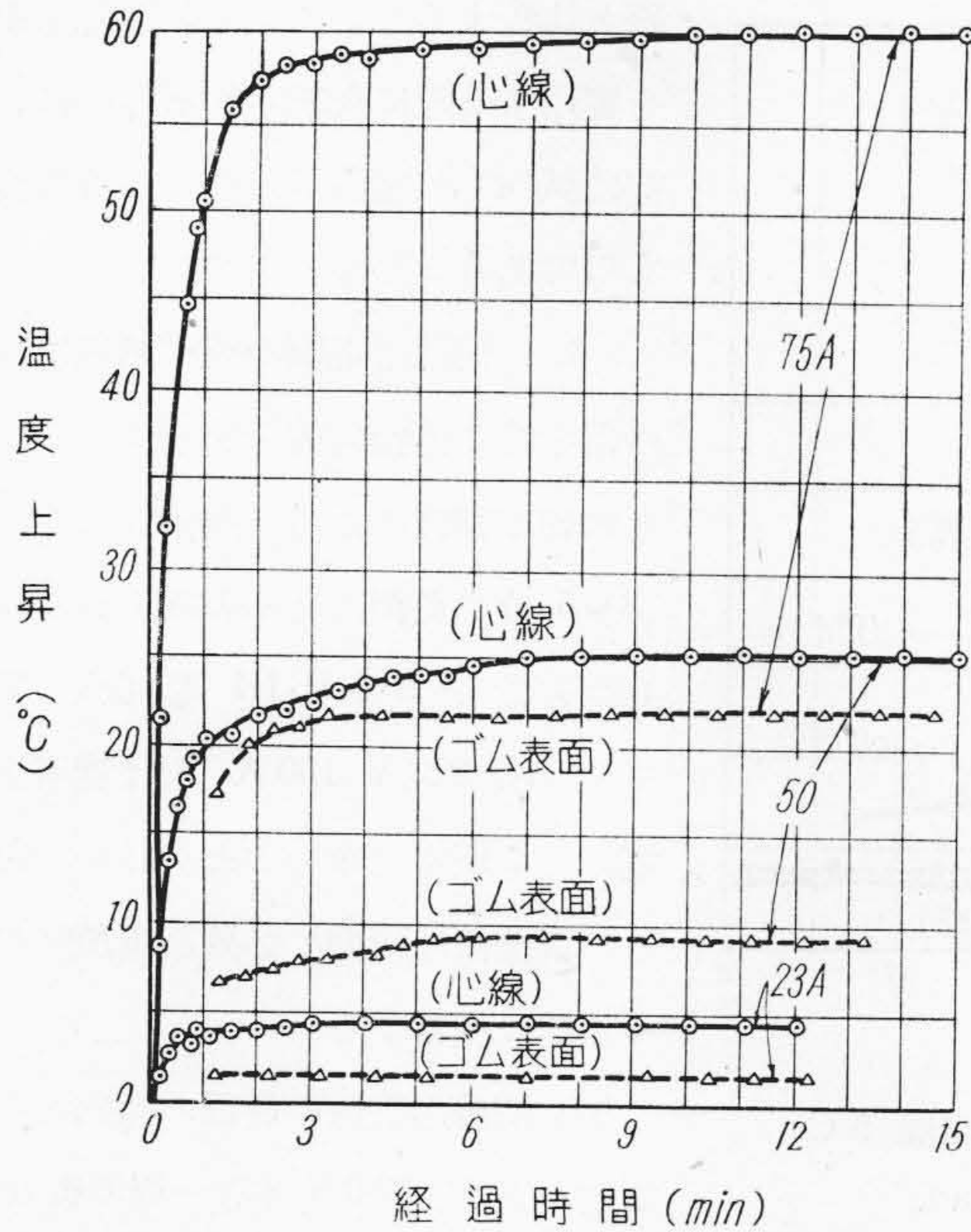
したものの、第 9・10 圖は 0°C 水中に螺旋状に浸漬してその温度上昇を測定したものである。

測定の結果は空气中では 10~20 分で最高温度に達し 0°C 水中では 3 分位でほぼ最高定常状態となることわかる。

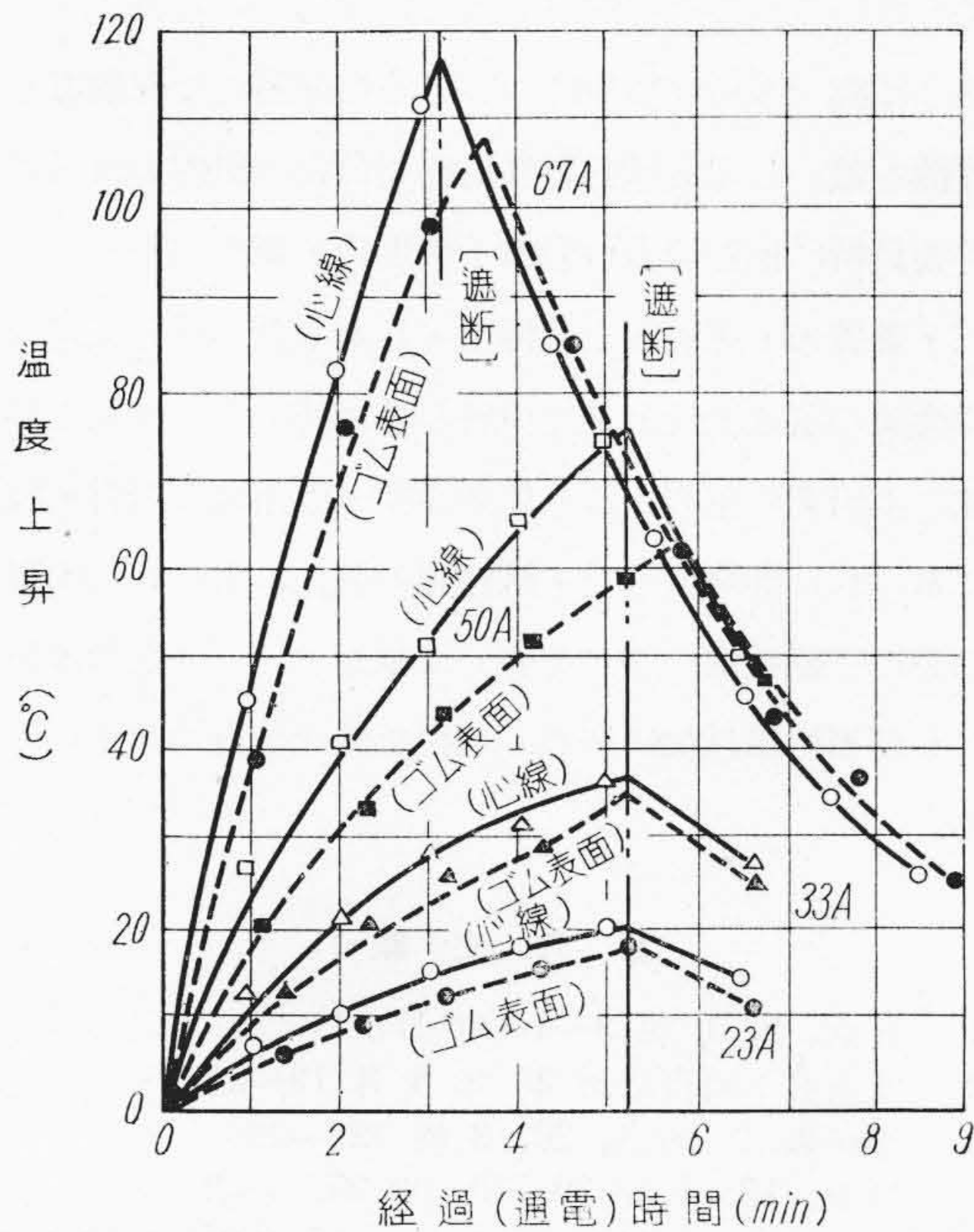
(2) 短時間負荷の温度特性

従来鯨を捕獲する時には AC 220 V で 60~70 A の電流を流すと大體 2~5 分以内に鯨は死ぬことがわかっている⁵⁾ 短時間負荷による温度特性はこの値に基づき調べることにした。

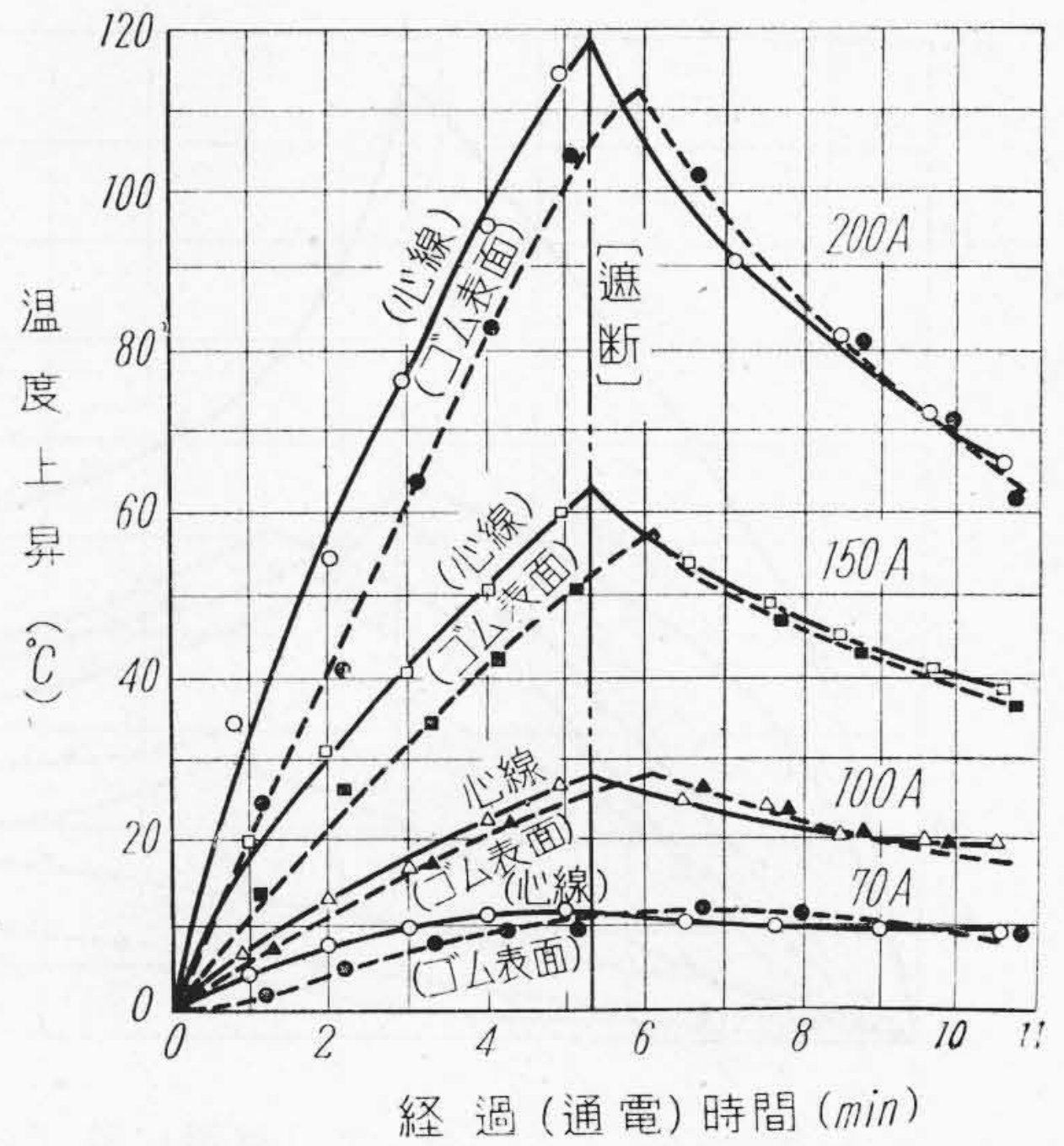
しかし實用の場合を考えるとこの温度上昇は水中よりも空中にある部分が問題となるし、殊に網倉の中の温度上昇が最も注意を要するといわれているので電線及び電線とラミーとを燃合せた完成品 (電纜ロープ) についての空气中での——この時の周囲温度を 5°C 程度に想定し



第10圖 連続負荷の温度特性 (I 型) (水温 0°C)
Fig. 10 Temperature property for Continuous Load. (I Type)



第11圖 短時間負荷の温度特性 (A 型) (気温 5°C)
Fig. 11 Temperature Property for Time-Limited Load. (A Type)



第12圖 短時間負荷の温度特性 (B 型) (気温 5°C)
Fig. 12 Temperature Property for Time-Limited Load. (B Type)

て——温度特性を求めた。その結果の一例を示すと第11・12・13 圖のようになる。

第11 圖は A 型電線の単線について測定したものであり——この電流は實際使用電流の 1/3 である——第12 圖は B 型の通電試験結果である。

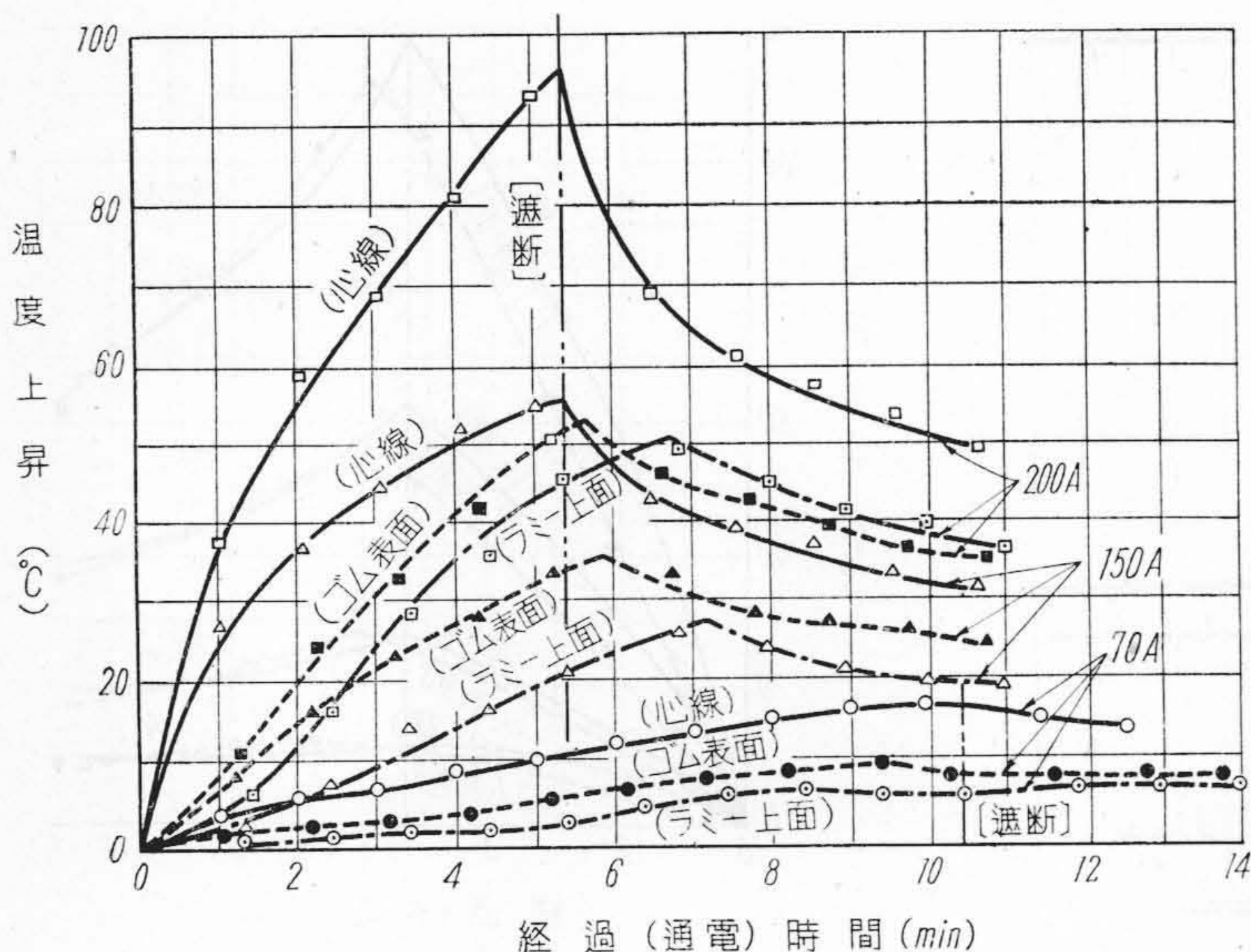
普通絶縁ゴムの最高許容温度は 60~65°C にとつているが捕鯨電線は通電時間が数分以内で各通電時間の間隔は相當長いので温度上昇に基く絶縁物の劣化は考えられず従つてこの點よりも A・B 型共に實用上 150A 位迄通電出来ることがわかる。

第13 圖は A 型電線に補強材ラミーを撚合せた完成品——シーズン使用済のものでラミーの中には油及び海水がしみ込んでいる——についての測定値で同圖より完成品 (電纜ロープ) では電線単體よりも温度上昇が低く安全側にあるといえる。

[VI] 結 論

以上を總括すると

(1) 本研究によつて従來の捕鯨方式を根本的に改革する能率的電氣捕鯨法の一要素である捕鯨用電線の構造と特性を究明して充分實用化し得る電線の試作に成功したので本年の冬にはいよいよ南氷洋の初舞臺での實用試



第 13 圖 短時間負荷の温度特性 (A 型 3 芯完成品) (気温 5°C)
 Fig. 13 Temperature Property for Time-Limited Load.
 (A Type 3 cores)

線と比較することにより、捕鯨用電線を實用する際に要求される伸びは、今迄に試作した電線がもっている程度のものであることがわかった。

(6) 捕鯨用電線の通電試験は電線の構造特に導体構成を決定するのに最も大切な実験であるが連続並に短時間(3~5分)負荷による温度上昇を測定したところ B-I-II-III 型何れの電線でも AC 220 V 150 A 迄は實用上通電しても差支えないことがわかった。この電流値は殺鯨に必要な電流⁶⁾の 2~4 倍に相當する。

なお捕鯨用電線の最近の傾向として電圧を上げ (750 V 位) 一周波数を上げることも有救であるといわれている

験が引續き行われることとなつた。

(2) この捕鯨用電線は昭和 16 年の日本に於ける最初の試験以來日立製作所が續けて試作に當り、その成功は日立製作所の電線製造技術の水準を示すものとしても又我が國捕鯨技術の世界的水準を上げるためにも大いに寄與していることを誇りとするものである。

(3) 電氣捕鯨法を従來の捕鯨法に比べると捕鯨能率がよいばかりでなく絹ロープの代りに安價なラミーロープが使えること、砲の口径を小さくし且命中精度をよくし得ること、中綱及ばね装置を必要としないこと等の長所はあるが、火薬鋸には不要な電源及び電線を必要とすること、電線と鋸との結びつけが面倒なこと、砲手の火薬鋸に對する執着が強いこと等に缺點があるが、これらの缺點は電線の試作と平行して別に順次解決されている。

(4) 捕鯨用電線としてはゴム心に導体を螺旋巻きした構造として輕量・可撓性・伸の復元性・通電時の温度上昇・耐油性等を満足させるものの試作に成功した。

なお電線ロープ中に電線重量が占める割合⁴⁾は 30% 以内 (理想的には 25% 以内) がよいとされている。

(5) 捕鯨用電線の機械的性質として可撓性・伸張性・伸の復元性等を測定し、その結果を一シーズン使つた電

一電氣鋸離脱操作電線を併用し又中綱を用いて捕鯨効果を高める方向に進んでおり、それらの電線の試作にも着手しているので次の機會を得て報告したいと思う。

終りに臨み本研究實施について終始御熱心な御指導と御鞭撻を戴いた電氣捕鯨實施研究委員會の田内委員長以下各委員特に捕鯨協會の岩本千代馬氏・東京大學の平田森三・菅義夫・蓮沼宏の諸博士・日本水産の松井又司氏・大洋漁業の富永弘氏・日立中研の湯本博士及び前原工場長並に本研究に協力された佐藤春枝・原拓郎の諸君・設計に當られた寺崎治雄君・試作線の製造に當られた山野井部長以下關係者に謝意を表して筆をおく。(なお本研究は文部省科學試驗研究費の交付を受けて行つたものである)

参 考 文 獻

- 1) 日立、5, 1 號 3~4 (昭 17. 1)
- 2) 富永弘：油脂昭和 25 年 5 月 19~21
- 3) 平田森三：科學、20, 3 號 123~128
日立、12, 1 號 29~30 (昭 25. 1~2)
- 4) 岩本千代馬：昭和 25 年 9 月 16 日電氣捕鯨實施研究委員會 (於東大) の折發表
- 5) 昭和 24 年に近海で行われた電氣捕鯨の試験報告による。