

例に依りまして拍手を致しまして御禮を申し上げます

一同拍手

○會長代理(平賀讓君) 次は鹽谷君に御願ひいたします

## 特務艦神威推進機關及電氣推進等に就て

正員 海軍機關中佐 鹽 谷 信 武

昨年(大正十一年)十二月十五日神威と名けられた特務艦が横須賀軍港へ歸着しまして之が米國の造船所で建造され「パナマ」を経て回航されたる日本海軍に唯一の電氣推進機關を備ふる給油艦即ち重油燃料を運搬する船である事は既に實物を御覽になつたり或は紙上で御承知の事でありませぬ、私は十年一月から昨年十一月迄此船の註文や建造工事監督の爲に海軍から米國へ派遣されて居た一人である關係から神威や電氣推進機關に關する事を少しく御話致す事になつたのであります、元來私は推進機關の計畫者でありまして以前に電氣機械に關する職に附いて居た事はありますが、電氣推進を専門に研究調査した譯でありませぬ従つて専門に亘る事は不案内でありますから左様御承知を願ひます。

楮特務艦神威の一般要目は第一表の通りであります。

### 第 一 表

建 造 所	New York Shipbuilding Corporation, Camden, N.J., U.S.A.
契 約	大正 10—5—17
起 工	" 10—9—14
進 水	" 11—6—8
新造公試運轉	" 11—9—5,6.
受 領	" 11—9—12
<b>艦 體</b>	
全 長	497'—9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "
水線に於ける長さ	486'—0"
幅	67'—0"
深	38'—0"

喫水 <small>(「デットウエート」 13,217噸に對する)</small>	28'—9 <sup>1</sup> / <sub>3</sub> ''
排水量	19,550 噸
重油搭載量	10,000 噸 (自用にも使用する装置を有す) 後部のタンク二個は石炭を運搬することを得
自用石炭量	2,500 噸
速力	15節
軸馬力	8,000 (全力公試六時間平均 9,077)
推進器の數	2
推進器毎分回轉數	120
豫備推進用發電機を使用して航走し得る速力	約7節
建造費	約 6,500,000 圓

船體の長幅深等の點からは伏見丸や鹿島丸に似よつたものであります。  
次に Main Engine の要目は第二表の通りであります。

## 第 二 表

### Main Engine

製造所	General Electric Co., Schenectady, N.Y.
方 式	但し Main Condenser 及唧筒を除く Turbine Electric Propelling Machinery.

### Main Turbine

型 式	General Electric Curtis (Impulse)
臺 數	1
馬 力	約 8,600
Stage の數	10 (最初の stage のみ moving bucket 2) 列 2nd stage 以下單列)
15節に對する毎分回轉數	120 × 20 = 2,400
翼の最大速力	毎分 658 呎

### Electric Transmission 裝置

Generator, Motor 共に 2,300 volt, 三相交流 Revolving Field.

Generator	Main Turbine に直結
極 數	2

### Motor

臺	數	2
種	類	Synchronous Motor (同期電動機)
極	數	40
馬	力 各	4,000

**Cable**

Generator より Controlling Board 迄	1,250,000 Circular Mil	6本
Controlling Board より各 Main Motor に至る	"	3本

**勵磁 (Exciter) 兼補助用直流發電機**

臺	數	2 (内1臺は豫備推進用發電機に 連結し運轉することを得)
力	量 各	400 Kilowatts
原 動 機		Geared Turbine—General Electric Curtis—Impulse— 4 Stages—5,000 Revolution per minute.

**Emergency Propulsion Generator (豫備推進用發電機)**

臺	數	1
種	類	三相交流
力	量	625 k.w
R. P. M.		1100
Volt		750

主機械の配備は附圖に示す通りで簡単に説明しますと四個の罐で出來た壓力每平方吋 265 呎華氏 150°に過熱された蒸氣は一本の main steam pipeを通り二個の throttle valve を經て main turbine に入り之に働いて 28.5" の真空迄膨脹して turbine の下におかれた main condenser に排出し其復水が condensate pump で抽出され feed pump で boiler に送り返さるることは通常の船用機關と少しも差のない所であります turbine が廻れば之に連結された generator も廻り其れが excite されてあれば高壓の三相交流を發生し Control panel の switch を經て兩舷の main motor に至り之を廻し従つて其 shaft の先につけてある推進器で船を推し進めるのであります、故に shaft, thrust bearing, propeller 等は是亦通常の推進機關と異つた所はないのであります、結局 geared turbine の gear で回轉速度を適當に減じ勢力を傳達するのが電氣裝置になつて居るばかりであります、唯著しく gear と相違せる點は線のつなぎ方のみで motor を逆に廻し得る所であります。

神威の要目は此位に止めまして唯今から gear と電氣式とに就ていろいろの性能を述

べ且つ比較して見まして其間に神威のことを引用することに致します。

前以て一寸御断りして置きますが gear と電氣式を比較すると云ふ事は大事業であります、兩式に通じた専門家が兩式に関する data を十分に集め或は参考書により或は實地を調査する等多大の手數と費用をかけなければ判明せぬことで私がそれを試むるは誠に烏辭がましいことで又唯今御話する事は列席の方々の大部分は既に御存知の事に過ぎませぬですが唯今迄此問題を深く御考にならなかつた方々が成程推進機關の方式の撰擇と云ふものはむづかしいもので gear drive にも electric drive にも各得失があつて公平に且つ慎重に考究しなければならぬものであると云ふ事が御分りになれば満足であります。

## 電氣推進の種類

原動機で區分すると Turbine electric 及 Diesel electric, の二種となります、又電氣で區分すると直流と交流と二種になり Diesel electric 又は馬力の小さいものは直流が都合宜いのですが大馬力のものには交流でなくては不利であります、交流發電機は高速 turbine に直結するに適し又高壓にして効率を良好にし且 Commutator の如き構造上大力量のものに適せず尙故障を起す機會の多きものを要せぬから大に利益であります。

又交流式推進は Induction motor を使ふものと Synchronous motor を使ふものと二つに區別されます、電氣式推進實現以來久しく induction motor のみでありましたが近來之に Synchronous motor が實用される様になりました、尤も既に運轉されて居るものは世界中で米商船 “Cuba” (3,000 S. H. P. Single screw), 特務艦神威等で極く少數であります。

Synchronous motor は stator と rotor との air gap を大きく構造し得て之が爲 bearing の調整が樂で又使へば漸々 bearing brass が磨耗するが rotor が stator に當る迄には永く使へるのであります、又 power factor が大なる爲 efficiency が良好であります、power factor の良いのは motor のみならず generator にも電纜に於ける損失をも減するのであります、然し induction motor に比して starting torque が弱く又 induction motor の様に pole の數を變更して低速力でも efficiency をよくする事が出来ない不利が伴ふのです。米海軍で電氣推進の船は航空母艦 “Langley” (以前 “Jupiter” と稱する給炭船なりしを改造せしもの) 三萬馬力戰艦 “New Mexico” (G.E.) “Tennessee” (W.) “Maryland” (G.E.), “Golorado” (W.), “West Virginia” (G.E.) で華府軍縮會議迄建造中又は

計畫中のもので此級の戦艦で “Washington” (W.), 六萬馬力戦艦 “Iowa” (G.E.), “Massachusetts” (G.E.), “Indiana” (W.), “Montana” (W.), “North Carolina” (W.), “South Dakota” (W.) 及十八萬馬力巡洋戦艦 “Lexington” (G.E.), “Saratoga” (G.E.), “United States” (G.E.), “Constitution” (G.E.), “Consolation” (W.) “Lenger” (W.) 等がありました、是等は皆 induction motor であります、巡戦の内 “Lexington” “Saratoga” の2隻は航空母艦に改造されることになつておりますが機關は略ぼ前計畫通と想像されます。

商船型には “Eclipse” “Cuba” 等の外 U.S. Shippingboard の船、東洋汽船の美洋丸 (3,000 S.H.P.) 英國の “Wulsty Castle” (1,800 S.H.P.) の外瑞典に數隻以上出來上つた船があり其外に建造中又は計畫中のものがあります。

## Reduction Ratio.

以前 gear や電氣推進の發達せざりし時代には推進軸を turbine に直接連結してあり従つて一分間の回轉數は turbine と推進器と同じでありましたが元來双方を効率よく働かす爲には一分間に turbine は二千乃至三千回轉推進器は低速力の船で百前後、高速のもので三百數十位が適當で即ち turbine は推進器に比して少くとも六七倍から船によつては二十倍以上にも早く廻さなければならぬのであります。

Gear に於ては回轉の割合は pinion と wheel の齒の數に反比例するもので turbine 軸に嵌めたる pinion の齒數を 33 枚とし推進軸に嵌めたる wheel の齒數を 392 枚とすれば推進器の回轉は turbine の 11.88 分の一に減する譯であります。

Synchronus motor の電氣推進では generator の磁極の數と motor の磁極の數とに反比例して回轉の割合が定まる事 gear の齒數と同様の關係であります、例へば神威で generator が 2 極 motor が 40 極で計畫回轉數は turbine が 2,400 推進器が 120 であります。

Induction motor は極數の反比例即ち Synchronous speed では no torque であつて、torque を出して働いて居る實際の状態では少しく slip しておるのであります常態でその slip は少量でありますから大體は Synchronous speed で見當がつく譯であります、故に電氣推進で推進器の回轉數を低減する爲には motor の磁極の數を増加しなくてはならないのです motor の極數を増し遅い回轉に計畫すれば従つて motor の直徑が大きくなるから其處に自然制限が生じ次表に見らるる通り二十分の一位の處が從來の止まりであ

ります、然し gear の方になると電氣推進と違つて gear の前方に turbine を連結し其下に condenser を置く等の關係で Reduction ratio を電氣式程多くとるのは困難で海軍の船では是迄の處十二分の一位が止まりであります、もつと reduction ratio を多くとるには double reduction とするので此装置によれば三十分の一以下にもする事が出来ますが gear が大きく重くなり場所をとり複雑になる不利を伴ひます、然し商船型としては實用されている double reduction も少くないので又日本でも増加しつつある傾向であります、Single reduction に比して reduction ratio を大きくとり得ることは電氣推進の利點の一つであります然し現時軍艦は皆高速力である關係から推進器の廻り方を或る程度以下に遅くすると反つて效率が悪くなりますから、少し效率悪いので忍んでも single reduction にしておく方が全體として利益で電氣推進の此特徴が利用出来ない事は電氣推進器の爲惜しむべきであります。

第 三 表

	「タルビン」 毎分回轉數	推 進 器 毎分回轉數	Reduction Ratio	
戰 艦 長 門	2,750	230	11.88	
「ギヤード、 タルビン」	輕 巡 球 磨	(高壓 2,770 低壓 2,266)	(7.32 5.98)	
	大型驅逐艦峰風	(高壓 3,000 低壓 2,550)	(7.48 6.23)	
「タルビン、 エレクトリ ック」	航空母艦鳳翔	(高壓 3,000 低壓 2,180)	(12.00 8.73)	
	米商船 "American Legion" (二段齒車式)	3,630	110	33.00
「タルビン、 エレクトリ ック」	米戰艦 "New Mexico"	2,100 (24極) (36極)	175 117	12 18
	米航空母艦 "Langley"	1,980	110	18
	神 威	2,400	120	20
	美 洋 丸	Motor推進器 3,600-600-80	6 × 7.6 = 45	

美洋丸は一度 motor で回轉が  $\frac{1}{6}$  に落され更に gear で其の  $\frac{1}{7.5}$  とするので全體として  $\frac{1}{45}$  に減速されるのであります。

### Reduction Ratio 及回轉の變更

推進器の回轉は船の速力に大方正比例するもので従つて船の速力をかへる爲には推進器の回轉を變更するのであります。turbine と直結のものでも gear してあるものも推進

器と turbine どの回轉の割合は常に一定でありますから推進器の回轉をかへるのには turbine の回轉からかへて行かなければなりません。

Induction motor の電氣推進に於ては旨い手段がありますそれは switch によつて motor の極數が變る様に exciting current の通路を變ずる如く裝置しておくか或は一つの Shaft に二つの motor を tandem に備へ全力のときは二個を獨立に働かし巡航のときは第一の motor の secondary で出來た交流が第二の motor に入りて之を働かす裝置で前者を Pole Change と云つて “New Mexico” 級の米戰艦に應用されて居るものです、第三表にある通り全力のときは 24 極とし turbine が 2,100 回轉で推進器が 175 回轉です、推進器を 115 回轉にするには 36 極に變ずれば turbine は 2,070 回轉にて廻はすこととなり全力のときと大差ありませぬが若し pole change の裝置がないと 1,380 回轉に減せなければならぬであります。

後の方法は Concatenation と稱して米國の十八萬馬力の巡洋戰艦に計畫されていた方法であります。

又 pole change をやらずに假りに小型の巡航 motor を備ふるとしても gear と違つて switch で線の接續を變更するのみで clutch を掛け外しすると云ふ様な複雑な事はなくなつて大に簡單であります。

商船型の電氣推進は平常速力と全速力との差が尠いので pole change の裝置を設けない方が簡單でよろしいと思ひます。Synchronous motor の電氣推進はさきに申した通り商船型に裝備されたばかりですから將來戰艦に採用される様になれば reduction ratio の變更は如何に考案されるでしょうか多分小型の巡航 motor を同じ shaft につけることになりはしないかと想像されます。

此の pole change で reduction ratio を二段に變更する以外の回轉の變更は直結と同様に turbine の回轉數から變更して行くのであります但し induction motor で secondary の抵抗を外部で調整し得る裝置の式では此の抵抗の加減で motor のみの速さをかへることが出來ます、美洋丸其他 Ljungström turbine の電氣推進では此の方法に依つて居る様ですが米式の電氣推進では之を用ゐず turbine から速さをかへて使ふ事にして居るので私は米式の方がよろしいと思ひます。

交流の電氣推進で turbo-generator と motor どの回轉速度が一定關係をもつている事は直流に比べて不便な所あります。

## Starting

Gear drive では starting に對して特殊の装置を要しないですが電氣推進では之を考慮におかなければならぬのであります。船を動かす前に先づ generator 丈 Slow に excite せずに廻しておきます此場合電壓は零であります、次に motor を起動するのですが induction motor を起動するに急に早い cycle の交流を送ると starting torque が甚だ小さく推進器の廻り出しが困難であります、故に特殊の装置を設ける必要があるのもそれには種々の手段があります。

(1) 起動のときのみ motor の secondary coil へ抵抗を加ふる方法——“Tennessee” “Washington” “Colorado” 美洋丸其他 Ljungström Turbine の電氣推進では液體抵抗器を使用し “Langley” では水で冷却する抵抗器を用ゐて居ります。

(2) Double Squirrel Cage 式と名づけ motor の secondary に抵抗の異りたる二様の coil をおき起動のときは電流が主として抵抗の大きな方を流れる様にしたるもの——“New Mexico” は之です。

(3) (2) と同様の原理にして secondary が高抵抗の squirrel cage と通常の捲線よりなり起動のとき switch にて捲線の電路を開き高抵抗の squirrel cage のみ働かして其後之を短絡せしむる方法——“California” “Maryland” 及 “West Virginia”

其他一般に起動のときのみ generator を slow に廻し cycle 數を減じ且つ generator の excitation を強くして normal のときより volt を高め起動したる後 volt を normal に下し generator と一所に motor の回轉を増加する手段によるのであります。

次に synchronous motor は何かの方法で廻し synchronous speed に達したときに field へ直流を送り synchronous motor として働かしめるのであります。之を行ふに他にも方法がありますが General Electric にて製造する推進用 synchronous motor には直流の field の外周に Amortisseur winding と名づけて bar を並べて置いて簡単な induction motor と同様にして synchronous に達する迄 induction motor として作働せしめるのであります、此場合に今申しました starting torque を増す特別の装置はなく一般の方法によるのみであります。

## Reversing.

Turbine は直結式も gear 式も逆轉は出來ないので推進用の様に逆轉を必要とするものには別に後進 turbine を裝備せなければならぬのですが、此後進 turbine は使用する

場合が少く且つ短時間で平常は蒸氣を送らずに真空中に空轉さしておくのですから出来るだけ簡単に構造しなくては損で、斯様にする爲一馬力に非常に澤山な蒸氣を要し結局 Boiler 全部を使つても前進全力の 4 割位の後進馬力を出すに過ぎませぬ。

三相式の電氣推進で船を後進さす爲に推進電動機を逆轉せしむるには先づ三線の内二線の接續を逆にして(之は switch にて簡単に行はる)前進同様に起動すれば宜しいので至つて簡単で之に要する時間も短かいのであります、逆轉の場合にも turbine と generator とは回轉方向に變りは無いから機械に無理することがなく馬力を亦前進と略同様にすることが出来ます。

後進 turbine を別に備ふることなく然かも後進力が前進同様なることは電氣推進の最も大なる優秀性であります。

後進力が大なることは船の操縦上多大の利益があります、然し現在の geared turbine の後進力の程度で船の取扱に格別差支はない即ち多々益々辨するの利でありまして寧ろ後進力の大きなることよりは電氣推進に後進 turbine の必要のないことが優れた利益です、何故かと云ふと之が爲 turbine が簡単になり逆轉に於ける無理が無いから計畫も樂になり蒸氣は經濟になり又今後壓力も高く過熱度も高い蒸氣を使用する様になりまして構造は餘程樂であります。

## 電氣機械の冷却装置、室内の温度、震動、音響

Generator や motor で抵抗其他で出来る熱は機械の力量が大なるだけ莫大のものであります、普通馬力の百分の五六以上熱となつて放散されるのでありますから例へば十八萬馬力の軍艦で出来る Waste heat は一萬馬力以上に相當するのでかなり大きな商船一隻が航海中消費する燃料全部と同じ分量になる譯です、是程多量の熱を發生するので自然の冷却では間に合はず何かの装置を必要とするのであります、従來は fan で機械室の空氣を generator や motor の内を流過せしめて冷す方法で神威も同様に装置圖に見られる様 generator と二つの motor から上部へ trunk が上り一本に合して上甲板へ昇つて居ます、之は暖まつた空氣を上方の室外へ逃散せしむる爲です、米國の六萬馬力と十八萬馬力戦艦には暖まつた空氣を室外へ出さずに之を海水で冷却して循環せしむる方法をとることにして居りました、何分 volume の大きな空氣を要するので trunk も大きなものになり中々邪魔なものであります、geared turbine に於ても此種類の waste heat は出来ますが電氣推進より量も少く且油で冷すのですから餘程こじんまりするのです。

電氣機械冷却用の fan は又機械室内を換氣することになりますから自然室内はそんなに暑くなりませぬ又 control platform は蒸氣管等をなるべく遠く装備すれば當直者は餘程凌ぎ易いのであります。

震動も概して gear より少いのであります是は turbine と shaft を連結せずに二分するからであると思ひます。

室内の騒音は電氣推進の方が静かであります、尤も冷却用氣の吸込口に於ける音はかなりきこへます。

## 勢力の分配併合並 Generator 一基の Twin Screw Ship.

是は電氣推進に於てなし得る大なる利點であります、例へば戰艦では 4 臺の motor に對して 2 臺の generator で半力以下にて航海するときは孰れか一臺の generator で 4 臺の motor に送電することが出來て turbo-generator 並關聯 Auxiliary を使用しない丈經濟になります、十八萬馬力の巡戦では generator が 4 臺 motor が各 shaft に 2 臺全體で 8 臺あります、19 節以下は孰れか 1 臺の generator 25 節以下は 2 臺でよろしい。“Langley” は 1 臺の generator と 2 臺の induction motor あり神威は 2 臺の synchronous motor に對して 1 臺の generator を備へて居ります、是等 generator 一臺の船ではその一臺に故障があつたときに非常に困りますから exciter 兼用の auxiliary generator へ A.C. generator を連結して之より 2 臺の motor へ送電して低速力にて航海を續け得る準備があります。

神威には 625 K. W. 750 volts の豫備交流發電機 1 臺あつて turbine 又は generator 若くは main condenser に故障ある場合はより 2 臺の main motor へ送り毎分 55 回轉船の速力約 7 節を得られます。

generator 一基で twin screw の船が出來ると云ふ事は電氣推進の面白い所であります single screw では港の出入や水道を通過する場合操縦が不便で又航海中一個所の故障で船が動けなくなる不安があります、さりとて小馬力の船で 2 組の main engine を備ふることは重量 space 價格の點で不經濟です “Langley” や神威は其中間に位するものと思ふるが至當でありませう。induction motor で secondary に外部抵抗加減器を備ふる船に於ては兩船推進器の回轉を違へ得るのですが、神威の様に synchronous motor の船では兩船推進器の回轉は常に同一なるに限られます、尤も一方だけ停止又は逆轉させること

は随意です、之が爲め旋回するとき多少加減のやりにくい所があり又早く走つているとき大きな舵をとると内側の motor 及 thrust bearing 等に無理することが起り易いです、然しながら One engine twin screw と云ふ装置の出來得るは電氣推進に限るのであります。

以上は馬力の分配の方ですが Diesel electric drive の場合には moderate size の Diesel で起す電氣の何臺分かを集めて使用することも出來ます。

勢力の分配併合に對して電氣推進は大なる利點をもつて居るものであります。

## Overload

急激に後進を始むるとき又船が座礁する際或は荒天の節 rolling, pitching するとき等 main engine は短時間の overload を受けるのでありますが、之に耐ゆる性能に就ては電氣推進の方が gear に勝つて居ります、是は mechanical connection なく flexibility が多いからであります、然し thrust bearing が餘裕がないと之がさきに擦傷を起すこととなります、又 overload にて續航し得る時間の長短は罐の汽釀力や turbine 等の計畫の際の餘裕のとり方の程度によるので機關一般の事になりますから generator や motor のみに耐へた所で效力のない譯であります、序に申し上げますが各部の強味を適當に許した機關でなければ良好なる計畫とは申されぬのであります。

## Operating Governor

神威其外米國の電氣推進の船の main turbine には Operating governor と稱するものを備へております、神威のものは Electric hydraulic 装置でありまして Control platform に於て switch を動かすと governor の調整が變り之によつて main turbine の throttle valve を開閉し従つて turbine の回轉が變るのであります其の switch を止めて置くと蒸氣壓力や load が變つても governor の働によつて自動的に turbine の回轉を一定に維持して行く装置で調整範圍は全速回轉から其の四分の一迄で其間かなり細く加減が出來ます、此 operating governor は電氣推進の turbine ばかりでなく諸種の steam engine に裝備することが出來、平常は取扱の手數を省き荒天の際は Racing をなからしめ或は艦隊の一番艦に在りては回轉の變動を減する等多大の利益をもつて居るのであります。

此 operating governor は overload に耐ゆる性能を有する電氣推進に應用して最も妙で上記の外に motor が synchronism を踏み外す危険を豫防するに必要な装置であります。

## 安全装置

Main circuit の電壓は神威 “Langley” で 2,300 volts, “New Mexico” で 4,242 volts と云ふ様に高壓でありますが generator の field switch を off にしなければ main circuit がきられない様に安全装置を設けてあり従つて main switch を空中で開いても spark が生じないのであります。

過大な電流が通ると凡ての switch を自動的に開いて之を止める安全装置もあります。

又 turbine には operating governor の外に二様の emergency governor を設け turbine が急に no load になりたる時或は船の停止中 turbo-generator のみ空廻しつゝある場合等に turbine が或る度合を超えて早く廻り過ぎると自動的に throttle valve を遮断して遠心力の爲に turbine が破壊されるを防ぐ装置を備へております。

## 取扱、管理、故障、缺損、壽命

次に電氣推進式に於て是等の事はどうかと申しますと先程申しました通り此式に特殊の個所は turbo-generator と motor 並に此の兩者を連絡する電路装置のみで boiler, thrust bearing 其他の bearing 諸々の Auxiliary machinery に関しては通例の steam ship と違ふ所はないのでありますから其部分だけ考へればよろしいので取扱に関しては港の出入りに motor のみ動かしたり止めたり又逆轉せしめても turbo-generator はいつも一定の方向に廻しておくこと丁度自働車と同じことで geared turbine に較べると遙かにたやすく之に要する時間も短かく敏捷に發停逆轉を行ふことが出来此事は船の操縦に便益を與ふること多大であります。

運轉中の注意といつても格別面倒なことはありませぬ、又電氣の諸計器は trouble detector として利用する便があります。

次に管理の難易に就ては之も電氣装置に濕氣を帶ばしめないことや Control panel の電路接續部に弛みなき様注意する事等が違つて居るだけでむづかしいものではありません、運轉中大氣から濕氣が來ることに對する心配はありませぬが、碇泊する場合に對しては heater を設けて機械室氣温以上に暖めて濕氣の凝着するを防ぐことにしてあります、神威でも generator に steam heater, motor に electric heater があつて 5乃至 10 度氣温以上に保つ様に設備されてあります。

推進用電氣機械の故障缺損壽命は一般の機械の通り計畫使用材料製作取扱管理等の巧拙で非常に差があります。米國製の推進用電氣機械並装置は通例故障缺損は極く稀であ

ります又 gear に較ぶれば使用に従つて bearing brass の磨耗することは同様であります。gear の齒に相當するものが無いことは軍艦用としても商船用としても電氣推進の利點と考へらるゝ所であります。

然し一方機械室へ海水が浸入したり敵彈で一部が破壊されて高壓電流の絶縁がこわされた場合等は其害は非常に大なるものでありますから、軍艦としては充分の防禦を講じておかなければならぬと思ひます。

之を商船に採用して取扱者を得るに困難はないかと云ふ問題であります。此このみではありませぬ、一般に principle のかわつたものは初め暫らくの間は自由に取扱へないもので geared turbine の如き高速機關が reciprocating engine に較べてむづかしい所もありたやすい所もあると同様であります。電氣の idea の普及していない日本で今直に多人數を得ることは容易でないのであります。turbine electric 又は Diesel electric の船が漸次採用される場合に之を養成して行く事は敢て困難と考へませぬ。自働車 engine の取扱管理はやさしいものでありませぬが自働車の普及に伴つて相當に管理手人を出来る運轉手が増加して行くのと同様と見られるのではないでせうか、若し此一點の爲に電氣推進の採用を躊躇する人があらば愚かな事と云はなければなりません。

## 燃 料 消 費 額

燃料の經濟といふ事は商船に於ても軍艦に於ても極めて肝要なる問題であります。之を全力と巡航との二つの場合に分けて考へて見ませう、先づ全力の場合に geared turbine で turbine から propeller shaft に power を transmit する間に平均 single gear で 2.5% double gear で 5% 失はれるのですが交流式電氣推進に於ては generator motor 双方で合せて約 8% の損失がありますから single より 5.5% double より 3% 悪くなるのですが一方 turbine を高低壓に分たざると後進 turbine を廻しおく無駄の省けるため 3% 位の利益あり全體として single reduction より 2.5% 悪く double reduction と略ぼ同等であると云ふ勘定になります。巡航の場合の比較は目下研究調査中で數をあげて申述べること出来ませぬが電氣推進の先程述べた pole change の装置のないものでも低速になるに伴ふ効率の悪くなり方が少いので此上に pole change を加ふれば効率は割合に良好な筈であります。然し他方に turbine を高低壓に煩たずに段落數を少くしてありますから此事が低速に於ける効率を害ふといふ缺點もあります。本年一月に横須賀で詳細の航走試験を施行されまして其結果神威は低速に於ては一馬力に對する蒸氣消費量は

大馬力の geared turbine の軍艦より却つて悪く出ました其原因は調査中ではありますが pole change を行ふ設備なく turbine の stage の數少く且つ全馬力の少いため constant loss が割合に多いためではないかと思はれます。

又電氣推進の turbine が高壓過熱蒸氣を使用するに便利なること turbine を軸と離して据付得るため大なる condenser を備ふることが出来て高度の真空を利用し得る利があり又 geared turbine に比し shaft の傾斜を減じ従つて船體の抵抗を減ずること等は燃料經濟上無視すべからざる所であります。

### 機關の配備、重量及 Space.

電氣推進の main engine 即ち turbine, generator, control panel, cable, motor の重量や space は一般に geared turbine の turbine 及 reduction gear より多く要すること第四表の例の様で其差の割合は馬力の大きなものになる程少くなります又大きな船になると機關の配備と密接な關係をもつておりますから main engine 固有の重量 space のみを比較して彼是云ふは當を得たものでありませぬ。

第四表 每軸馬力に對する Turbine 及 Transmission 裝置重量 (噸)

電 氣 推 進			
“Langley”	54.9	戰艦(直結)	30.0
神威	44.8	同 (gear)	10.7
“New Mexico”	35.5	米商船 “Peninsula State”	23.5
		同 “American Legion”	30.6

每 100 馬力に對する Turbine 及 Gear (或は Generator, Motor 及 Control) の占むる床面積 (平方呎)

神威 (電氣推進)	6.80
米商船 “Peninsula State” (Single Reduction Gear)	2.75
同 “American Legion” (Double Reduction Gear)	2.93

何故なれば大きな船になると turbine generator を出来るだけ boiler に近く置いて蒸氣管を短かくすること例へば十八萬馬力の米巡戦では boiler room を一罐宛の防水區劃に納めて generator room の周に配列した如きは最もうまい配備であります。又 space の關係で神威の様に turbine generator を上段へ置く事も出来ます、次に motor は出来る

丈船の後部へよせて shaft を短くせなければならぬ、併し回轉の遅い motor にすればかなり大きな直徑をもつてゐる爲あまり船尾の幅の狭くなる所へおき得ぬのであります。是等の裝備は小さな船では如何様に考へても大體配置のきまつたもので何とも致方ありませんが大きな船になると配備をよくすれば重量や space を節減し得るのであります、又機關全體の重量の比較の例は第五表の様なものゝ三萬馬力の “New Mexico” は割合に重く之に相當する直結 turbine の日本の戰艦より却つて重量をどつて居りますが十八萬馬力の “Lexington” Class になりますと非常に軽くなり日本の巡戰と 5% 位劣るだけであります。

第五表 每軸馬力に對する推進機關總重量 (噸)

電 氣 推 進			
“Langley”	345	戰 艦 (直結)	128
神 威	222	同 (gear)	89
“New Mexico”	169	巡 戰 (gear)	74
“Saratoga”	77	輕巡及驅逐 (孰れも gear)	32~33

其理由は馬力の大なるのと boiler を軽くした外各部の改良進歩によるものと考へます、機關の總重量で比較する場合には罐の型式、管の太さ、圓板、煙路煙突の板の厚さ等は重量に大關係がありますから餘程氣をつけないと真相を謬るものになります、例へば日本の輕巡洋船以上は我國に重油燃料の少いため一部は石炭重油混燒式の罐をもつておりますので米國のものは全部重油燃焼罐ですから重量 space は大變樂になります、又機關室の space の比較に就ては engine room や boiler room の platform の廣狹は大に考慮を加へなければならぬものであります。

### 推進用電氣裝置の計畫製造價格

電氣推進の main engine を計畫製造することは何分馬力の大きなものをなるべく小さく造つて然かも充分堅牢でなくてはならぬのですから餘程困難のある事と想像されます米國の General Electric や Westinghouse の様に非常に多數の陸上用電機を計畫製作して熟練を積んだ製作所でも立派な推進用のものを作るには餘程研究苦心して居るものと認めるのであります、價格に就ては只今申上げる丈の data をもちませぬが概して gear より高い様に考へて居ります、然し Initial cost の點のみで電氣推進を見捨てる程度の差ではないと思ひます。

此等の點は我國の工業現狀に於て電氣推進の障害となる大原因であります但全體を綜合した上で優れる方式を採用すべきであります、假りに電氣推進が gear に優れるものとすれば戰艦に對しては勿論商船に對しても例へ今直に出來ずとも追々と出來得る様吾々は發達せしめなければならぬことは明かな事であります。

## Diesel Electric Propulsion

Diesel electric propulsion は turbine electric の turbine の所へ Diesel engine を用ゆるもの即ち Diesel で generator を廻して電流を起しそれを motor に與へて推進器を回轉する system で近來 Diesel の採用の擴り來れると共に頭を持上げて來たもので principle に於て turbine electric と同様のものでもあります唯異なる所は Diesel が turbine の様な high speed engine でないことと電流は直流を利とする所であります、直流機械は交流に比して 5% 程效率が劣りますが motor の回轉の變更が隨意に出來運轉が一層簡單で且つ全力に於ては二臺以上の generator を series に運轉する裝置になし得る所にあります、回轉即ち cycle の變更を必要とする電氣推進を交流にするとすれば series 又は parallel に運轉することは甚だ困難になります、又直流にしても parallel に運轉する事は Diesel に適しませぬ、又 2 臺の Diesel generator を裝備するとせば全力のときは 2 臺を series に使ひ半速以下では 1 臺にして二分の一の電壓で motor に送ると大に利益であります。

一例によりますと 1400 馬力の Cargo ship で燃料清水、潤滑油の費用は普通の三段膨脹式 reciprocating engine に比べると Diesel electric は二分の一以下で非常に經濟になり cargo space に就ても利があるのであります、唯 initial cost は幾分高いものと思はれます。

私は此 Diesel electric に就て大に興味を屬しているのであります、殊に重油燃料の値段が下つた今日 Diesel electric ship の試用を此處に御集りになつておいでになる方に御勧めするのであります。

## 結 論

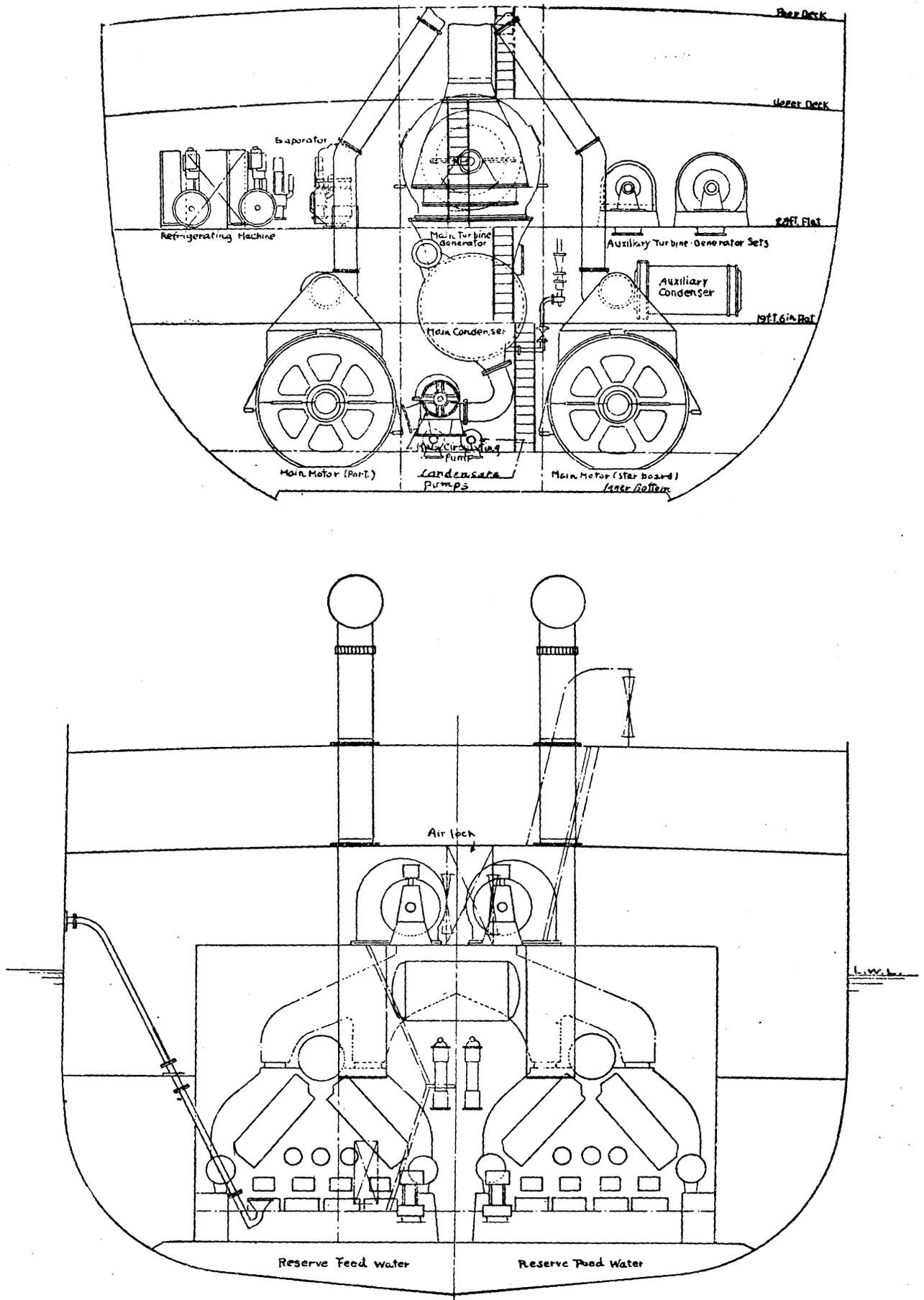
今迄電氣式と gear 式とに就て項を分ちて詳細に述べました所から充分に御了解の事と思ひますが現今に於ては兩式とも立派なもので實用に適するものである事は疑の無い程進歩したものであります。其優劣は如何にと云ふに各一得一失で將來凡ての軍艦商船の機關は gear 式を全廢して電氣推進を採用しなければならぬと云ふのも大なる謬見で

すがさりとして一顧の價值さへなきものとして之を見限るのは極端であります、船の大きさ種類、推進機關に許さるべき重量 space によつて或る場合には gear が總體として有利で他の場合には電氣推進の方が優るものがあります、輕巡洋艦、驅逐艦の様に船全體が小さく輕くて高速を得る爲に大きな馬力を出すために極度に重量や space をきりつめなければならぬものに電氣推進を入れても機關の配備も殆んど變更の餘地なく結局他に利ありても機關の重量 space の増加が艦の價值を下げる事になるので此種の船に對しては gear に限る様であります、米海軍でも此種の軍艦に電氣推進を裝備したこともなく又計畫をして居らぬのを見てもはつきりして居ります、之は別として其他の戰艦及一般の商船に於ては果して孰れが優れるかは今後大に研究調査を必要とする所であります、其調査は簡單に見へますが、何しろ船の種類、大きさ等に就て澤山の配備圖面を調製し weight, space, performance, cost を計算して比較する等かなりの大仕掛であります、推進機關の型式と云ふことは戰艦商船等一般のことで單に engineering 上の事ではなく國防上又營業上の一大問題でありますから關係の engineer は技術上の事を熱心に研究し engineer 以外の當局者は engineer の研究を徹底せしむことに盡力を要する事であると信じて居ります。

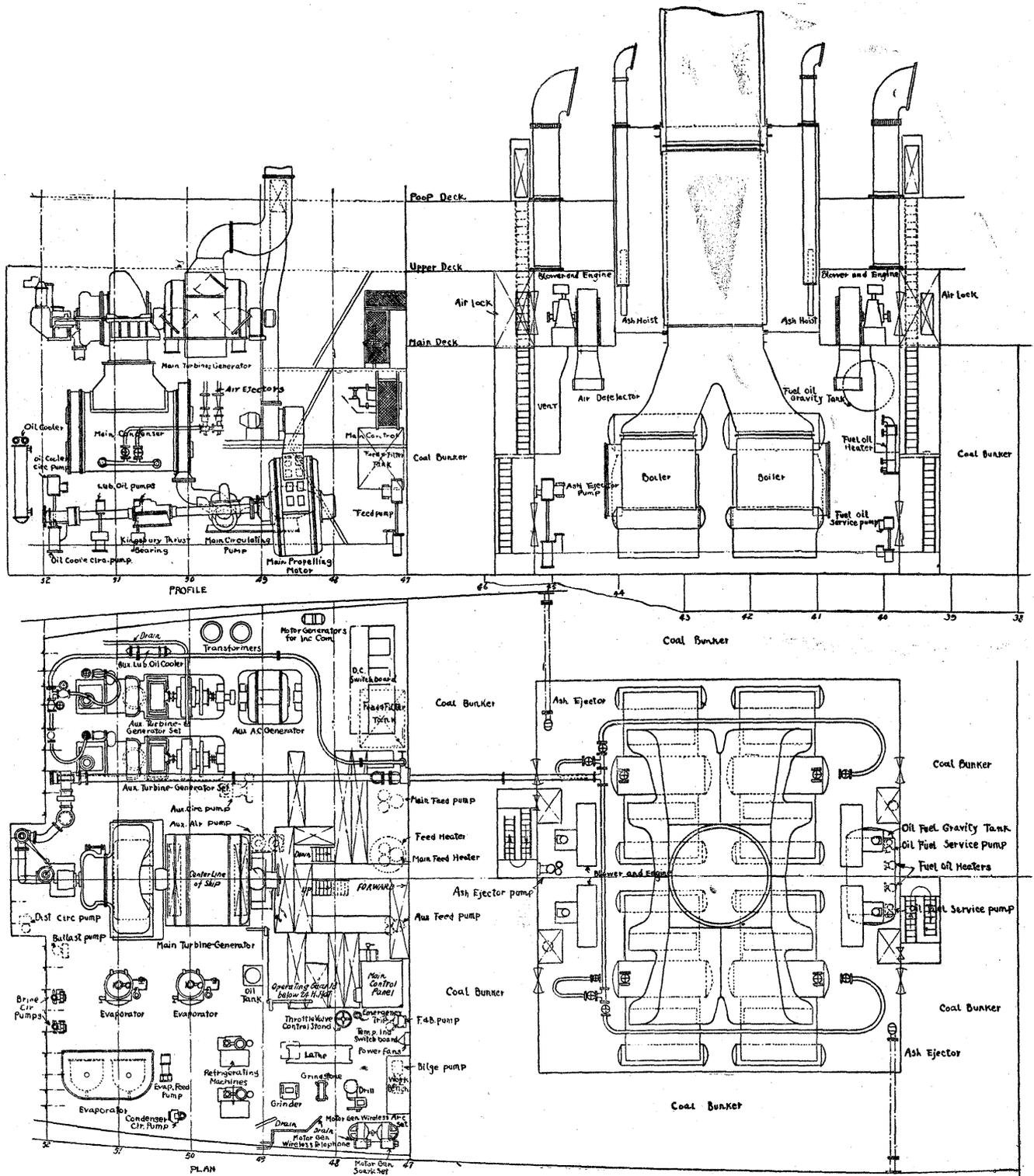
---

## 討 論

- 會長代理(平賀讓君) それでは御質問なり御意見がありますならばどうか.....
- 山本武藏君 ちよつと伺ひたい事は、十三頁の下の方で「ギヤード・タービン」に比し「シャフト」の傾斜を減じ従つて船體の抵抗を減ずることと云ふのはどう云ふ事ですか
- 鹽谷信武君 「ギヤード・タービン」では「ギヤケース」のために「シャフト」の傾斜を増し従つて抵抗を増加するのでありまして、船體の抵抗と云ふことは「シャフト」の「アッペンデージ」の抵抗を増すと云ふ意味で船體本體の抵抗と云ふ意味ではありませぬ
- 山本武藏君 もう一つ伺ひたいのは十六頁で、「直流機械は交流に比して五%程效率が劣りますが「モーター」の回轉の變更が隨意に出來云々」と云ふ所ではありますが、直流機械の回轉を隨意に變更する事は如何様にして致す事になりますか
- 鹽谷信武君 回轉の速度は、交流の方は「サイクル」に依り「ボルテージ」に關係ありませぬが、直流の電動機ならば回轉の變更が隨意に出來ると云ふことを言つたのであります



第一圖



第二圖

○山本武藏君 「ゼネレーター」の「フィールド」を「コントロール」するのですか

○鹽谷信武君 「ヴォルテージ」を變へるので其方法はいくらかもあります、例へばここに書いてある通りに二臺の「ゼネレーター」を持つて居る時には全力の時には二臺を使用し半速の時には一臺とし、半速以下の時は或は「ゼネレーター」の「フィールド」を變へても「モーター」の「フィールド」を變へても宜しい、例へば潜水艦の水中航行は電氣推進であります、が、「モーター」が二臺あつて「シリーズ」に使つたり「バラレル」に使つたりするのは其一例であります

○田路坦君 ちよつと御伺しますが、神威の「スチーム・コンサムプシヨ」及び「トライヤル」をなすつたものを、差支なければ一緒に發表して戴いたら非常に参考にならうと思ひます……「ディテール」をでございます

○鹽谷信武君 十三頁の中頃に書いて置きましたが、低速で一馬力に對するのが「ギヤード・タービン」の軍艦より良く出なくちやならぬものが神威の「トライヤル」では悪く出たのであります、私も今調査中ではありますが、「タービン」の計畫に因るものがあるのではないか、其外にも疑問であるので發表を見合せている次第であります

○田路坦君 是は私共の考では「スチーム・コンサムプシヨ」は「ニューメキシコ」の場合でも普通の「タービン」より多いですな

○鹽谷信武君 全力ですか

○田路坦君 全力です……「スチーム」を電氣推進の方が餘計に食ふのぢやないですか

○鹽谷信武君 全力の時は餘計食ふのであります、全力の時は「ギヤードタービン」に及ばないと思ひます、低速の場合は電氣推進の方が良い筈であります

○鹽谷信武君 それで輕巡洋艦とか驅逐艦と云ふのは問題ではない、唯残るのは餘裕のある戦艦とか商船等が問題になるので、それは是から充分研究しなくちやならぬと思ひます

○田路坦君 色々御伺したいのでありますけれども、時間もありませんから、簡単に申し上げたいと思ひますが、電氣推進になると……私は軍艦が専門ですから其範圍内で御伺しますと、普通の「スチーム・タービン」ですと、「ダメージ」のあつた場合に「タービン」が半分水に浸つて廻つて居つた例も今度の大戦には大分あつたやうですが、電氣推進になつては「モーター」が水を被つたらどうも仕様が無いと云ふことになつてしまふ、と云ふやうな關係で軍艦には「エマーゼンシー」と云ふことを考へると「アドヴァンテー

ジ」もあるが非常に「ディスアドヴァンテージ」もあるやうに考へるのであります、又十二頁の下から五六行目に米國製の推進用電氣機械は故障缺損は極く稀であると云ふことですか、實は鹽谷君に御伺するのは少々おかしいのですが「メリーランド」の故障のやうな問題があるやうですが、あれが矢張り電氣推進ではありませんか、もう一つは燃料消費額の所に歸つて來ますが、先きに山本君の仰しやつた上の所に、「タービン」を軸と離して据付得るため大なる「コンデンサー」を備ふることが出來て高度の眞空を利用し得る利益がある」、是も商船の時にはさうでせうが、軍艦の場合に大きな「コンデンサー」一つだけにしては「コンデンサー」に彈丸が當るとか故障が出來た時「バキューム」が出來ないと云ふことになるといけないから、矢張り別々に「コンデンサー」を置かれることになりはしないかと思ふのですが、それから巡洋戰艦のやうになつて、馬力が餘計になつて來ると、大きな「コンデンサー」と言つても工合が悪いから、「コンデンサー」の数が或は殖ねやせぬかとも思ふのですね、其結果「エンジン・ルーム」用の「オーキジリアリーマシーナリー」の數及重量が殖ねると云ふやうな疑問を持つて居る、それから十五頁の所に行つて、製造者のことに付きましても、亞米利加海軍で實際電氣推進と云ふものを使つて居るにも拘らず、「メーカー」は「ゼネラル・エレクトリック」と「ウェスティング・ハウス」しか無い、さう云ふ關係ですから、日本でも造ると云ふことになるので餘程考へ物になる、どこで出来るかと云ふ問題が出來て來はしないかと思ふ、是は考慮に入れて置く必要がありはしないかと思ふ、それから「ディゼル・エレクトリック、プロパルジョン」のことを「リコメンド」されて居りますけれども、是は重量の點に於ては遙に「タービン・エレクトリック」よりも殖ねるやうに思ふのですが何うでせう、ですから軍艦の場合には餘程考へものだと云ふ氣が致します

○鹽谷信武君 今の御質問に簡単に御答いたします、防禦に對することは電氣本體としては劣るのであります、先き申した通り亞米利加の巡戰では「ゼネレーター」の周圍を「ボイラー」で取圍んで、其「ボイラー」を一つ宛別の區劃に入れる、それから「モーター」へ皆線で聯絡するから「コンバートメント」を細かく分け得る、「ゼネレーター」の室「コントローリング・ルーム」と云ふやうに細かく分けて、それ等を綜合すると水雷が當つた場合等に對してどちらが被害が少いかと云ふことも一概に言へない、電氣推進の方も何でも悪いことばかりとも言へないと思ひます、それから第二は亞米利加の電氣推進に故障あることはあつたのであります、全然無い譯でありませぬが、通例こゝに書いてあるのは一般のことで、推進用の電氣裝置で亞米利加製でない、即ち「ヨングストローム」の

電氣推進は故障缺損があるが、亞米利加のは概してしつかりして居るから、故障缺損が無いと言つたので、勿論今まであつたこともあります、それから工業状態に付ては田路さんと同感であります、唯併し私は戦艦に於て之を採用すべきものとは申しませぬが、假に採用すべきものとなつたならば、若し全體に利益があるものとなつたならば、是から段々に日本の工業をさう云ふものに進めて行かなければ、亞米利加の戦艦に一步譲つたもので我慢しなければならぬと云ふやうになると云ふ私の意見であります、商船でもさうであります、さう云ふものが良ければさう云ふ良いものを、造るやうに段々と進めて行かなければならぬ、良否は今決定的に言つて居らぬのであります、それから「ディゼル・エレクトリック」は重量は殖ねて參ります、けれども「アレンジメント」をうまくやればそんなに重量を殖やさずに燃料の節約になる、うまく「スペース」を取れば「カーゴスペース」を殖やし得ると云ふ結果になると思ひます、「コンデンサー」でありますが、「ギヤード・タービン」では或程度まで「コンデンサー」の「スペース」が限られてしまひます、それで「コンデンサー」の大きいものを付けるが良いか悪いかと云ふことは問題であるが、神威のやうに充分にしておく日々燃料徳であります、さう云ふ場合に大きな「コンデンサー」を置かうと思へば置き得ると云ふのでありまして、必しも「コンデンサー」の大きなものが利益だとは申さないのであります、唯「コンデンサー」の大きなものを置きたいと思へば置けると云ふのであります

○田路坦君 もう一つ御伺したいのは「ゴアスターン」のかけた時には「サーキット」が反對になるから、「アーマチュア・リアクション」が起る、神威で實際やる時には其爲に特別現象を認めたことはありませぬか言ひ換へれば面白くない、「アーマチュア・リアクション」は起りませんでしたか

○鹽谷信武君 惰力でまだ前進方向に廻つて居る間にてはそれが起る譯です、餘計に「ヒート」されるとか何とか云ふことはありませうが、極く僅かな時間で後進方向に廻轉するから、「コイル」の絶縁を痛めるとか何とか云ふ程のことは起りませぬ、殆ど考へて居る間もなく後進方向に廻ります

○會長代理(平賀讓君) それではまだ御質問や御意見もあるかも知れませぬが、時間が大分切迫いたしましたから、尙ほ外に御意見のある方は書いたものに願ひたいと思ひます、ちよつと御挨拶申し上げます、先達で「ジー・イー」社の「ミスター」「バーグ」の「エレクトリカル・プロパルジョン」に就ての御講演があつた後、今日唯今日本の海軍の専門家たる鹽谷君が此講演をして下すつたことは大いに利益であると思へるのであります、殊

に鹽谷君は「エレクトリック・プロバルジョン」の良い所と悪い所を最も「クリヤー」に御説明下さつたやうに考へるので、此點に就て特に有難く考へるのであります、鹽谷君が言はれたやうに「エレクトリック・プロバルジョン」の將來と云ふものは随分我國の將來に取つて重大な問題であると思ひます、今御話になつたやうに「ライト・クルーザー」や「デストロイヤー」には使へない、戦艦には亞米利加の例に依つて良いのであるが、それではどの邊が境であるかと云ふことが随分困難なる問題の一つであらうと思ひます、兎に角此「デザイン」の上なり、それから製作の方から考へて、日本の造船界に取つては最も重大なる問題の一つと考へます、例に依りまして諸君の御賛成を得て拍手を以ちまして御禮を申し上げます

一同拍手

○會長代理(平賀讓君) それでは今日の講演會は是で終りと致します

午後七時十五分散會