

談　　叢

最も經濟的な動力・風車の利用

、本　岡　玉　樹　※

1 緒　　言

風の力の偉大なることは既によく知られてゐるが、此

風力を何んとか機械的動力に利用したいと云ふ事は随分古くから考へられてゐた。實際之を適當に利用して動力に應用すれば他の原動機よりも割合に簡単に簡単で然も甚だ經濟的である。

そこで風車は今から數千年も前から利用せられてゐたのである。専に角第一歐洲大戰後に於て各國は産業開発に重きを置き、其の結果最も安價に得ちるる動力の研究となり、隨つて風力の利用も亦其の重要なものとなつたのである。

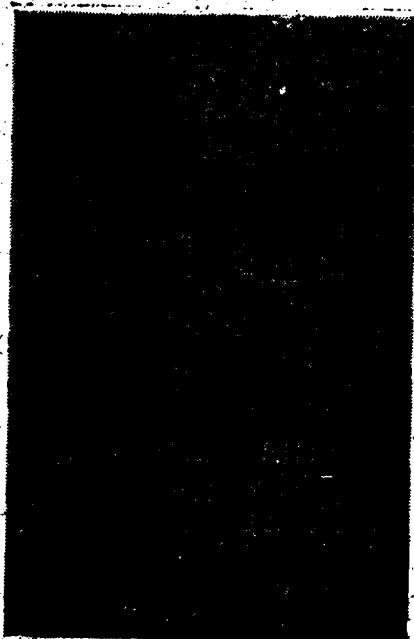
1930年にペルラン市で開催された世界動力會議第2回總會の席上で議長は風力問題に就いて論調されたが其は一體地球上に於ける風力は確かに水力のそれよりも僅に數倍以上のエネルギーがあるにも拘らず今日まで大規模のものが出來ないのは甚だ遺憾である。これは從來蓄電池利用のみに捉はれたからであらう。もつと創意的な大設電方式のものを考案することに努力して欲しいと述べられた。實際これまでの風力利用が殆んど小規模のものであつたから今日まで餘り大なる發展を見なかつたのであるからである。

恰度其の會議へ論文を提出したものなかにソ聯では既に彼の産業開發第一次五ヶ年計畫の中に國內到る所風力利用を普及する爲豫て作られた「モスクワ」にある「ツアギー」(中央航空研究



所の略語)の中に又大なる風力研究所を作り整備した實驗室を以つて氣象観測所と協同し一方國內の風勢調査を行ふと同時に最も能率のよい標準型の風車の研究をなした。

第1圖 ソ聯の最新式風車
クリミヤ半島バラグラフ村の風力發電塔



そこで先づ「クリミヤ」半島の「バラグラフ」村に2百馬力直徑3メートル、3枚翼の大風力發電所を建設し其の發生電力を以つて附近にある「セバストポール」の蒸氣タービン發電所の送電線6千6百ヴァオルトに並列に接続して燃料の節約を計ると同時に附近の農村電化の爲に送電した。更に第3次5ヶ年計畫では「マルホトスク」の峰に之は5千キロワットのものを建てる計畫であつたが遂に實現を見なかつた。

その後各國でも之に注意して來た。即ち「デシマーク」の「エベンハーゲン」電氣會社の技術員「ヨンセン」氏は獨特の設計による風力發電實驗所を作り風力送電網の實驗をして居つた。また昭和4年世界動力會議東京部會が東京にあつた。この時の風力に関する論文2つの中1つは佛國の「ヌイ」氏が風力發電をして「アースター」(外燃機)を併用して送電網へ接続する方法を考察したものである。他の1つは筆者の日本の東北地方に於ける渴

水期に風力を利用してこれを補ふべき方法を述べたものである。

現に角大風力發電の計畫は益々研究される傾向となつた。特に1932年に於て獨逸で有名な無線鐵塔の設計者で構成ある「ヘルマン・ホンネフ」氏は實に空前の大規模な風力發電計畫をなし、そして直ちに實施せらるゝ如き設計圖を發表したのである。之に依ると氏は長い間の經驗から上層數百メートルでは殆んど定常的な強風があるから3百乃至5百メートルの鐵塔を建設し其の頂部に氏の獨特な設計に依る直徑百メートルの圓柱發電機を設置取り付けたもので、其の1箇は2万馬力の出力があると云ふから全出力は約10万馬力を出すと云ふのである。そして國內到るところにこれを建て全然風力に依る送電網をつくる計畫を樹てたのである。

恰度今から15年位前に米國「シカゴ」市で世界大博覽會を開催することになつた。この時の博物の1つとして右の「ホンネフ」氏設計の大風力發電塔を建設し場内の電力供給を行ふべく「ホンネフ」氏を聘し、之が建設を爲すことを發表したのである。然し資材が間に合はなかつたものか遂にこの實現を見なかつたのは誠に遺憾であつた。

現に角將來の燃料問題でも現在の如く有限の石炭のみに依存してゐたならば、早晚消費し盡されてしまう時が来るであらうこれは今から大に考へて置く責任はあると思ふ。それには第1歩として無限無價の自然力を充分利用することである。即ち自然力と云へば先づ水力、風力、太陽熱其の他動力等の利用である。

その内でも水力は現在漸く盛況の期に達せんとして現在自然力の實際的利用と云へば先づ水力電氣の利用であらう、その他太陽熱動力などはまだ試験時代であるから充分の信頼度はない。それには最も古くから利用され且つ地球上に於ける全水力のエネルギーの動力も得られると云ふ風力の利用が差當りの問題として考へられる。現在の燃料問題が行持つた時は必ず先づ風力の全般的利用が起つてくるに違ひないと思はれる。

殊に洲州の如き極寒地の發展のためには、益々多量の石炭石油を要するから近き將來に於ては必ず消費し盡さ

れるときがくるであらう。これには先きに述べた、'ホンネフ氏の超大風力發電塔を國內無數に建設し、其の發電網によつて之を補つたならば有限の燃料を殆んど無益に消費せず出来るだけ保存し得ることであらう。この方法は將來必ず實現される時期がくるであらうと考へられる。

尙こゝに考ふべきことは現在の如き時局に於て風力利用は早急の問題であらうと考へられる。即ち世界は今や動亂の内にあり、殊に親邦日本は國を賭して大東亜共榮圏のために戰つてゐる。滿洲は從來日本に依存してゐたが今日では自給自足は勿論であるが、又進んで日本の豐庫とならなければならぬ。即ち本年度より農業を主體とする第2次5ヶ年計画は樹てられ着々實施されてゐる。これには上述の理由に依り最も經濟的動力たる風力の利用も一層奨励されたいものである。幸ひ今回大陸科学院と濱江省建設廳共同の下に北滿の溝地帶開発の前提として哈爾濱市郊外驥春屯の松花江沿岸約30ヘクタールの地上に毎年夏季の洪水を防ぐ築堤をなし、大風車によつて常時排水を行ひ、治水試験をなすこととなつた。これが好成績を得たならば、約8百町歩の溝地帶改良の魁となり將來之等の翻みられなかつた溝地帶は立派な綠地帶となり又水田に蔬菜園に或ひは住宅地を現出することが出来るであらう。そこで以下少しく風車に就て大略を述べることとする。

2 風車の起源と其發達

風事が始めて出來たのは何時のことであるか、又其の發明者は誰であるかと云ふことは餘り古く是明らかではないが、確かに世紀以前に印度、ペルシヤ、パレスチナ等の附近で用ひられてゐた。その證據には種々な文獻から見ても「風車は水の乏しき亞細亞大陸で往古に發見された」とあり、そして之が恐らく人類の最初の自然力利用の原動機であつたらうと云はれてゐる。實に今日でも遺物になつてある彼の「ナイル」河口の「アレキサンドリヤ」市の郊外芝地にある數臺の古代風車は今から少くとも3千年も前のものと見積られてゐる。兎に角傳説や其の他から見ても確かに今から5~6千年も前に存在してゐたこ

とがわかる。

ところで風車と云へば現在でも歐米獨特のものゝ様に考へられてゐるが、歐洲へ傳はつたのは彼の有名な十字軍の手によつて之れを東洋から珍奇な分捕品の一つとして運ばれたものである。そして先づ「ローマ」で建てられたのであるが、甚だ調法な精緻機の原動力として「タレスチ」第二法王は信徒へ大いに其の建設を奨励したのである。それが段々と獨逸佛蘭西と云ふ具合に流行したものである。

その頃獨逸は原始的な之等の風車を稍々便利な小室形のものとした。即ち山羊小屋位の箱室に車を取り付け其の室内に精緻機或ひは製粉機等を据へたもので、この箱室を風向に對して容易に旋回し得る様に施因木作臺の上に置いたのである。これがその當時大いに流行し始めたので獨逸では「ホツクミューレン」(小屋形門車)英語では「ポストミル」等と云はれたものである。

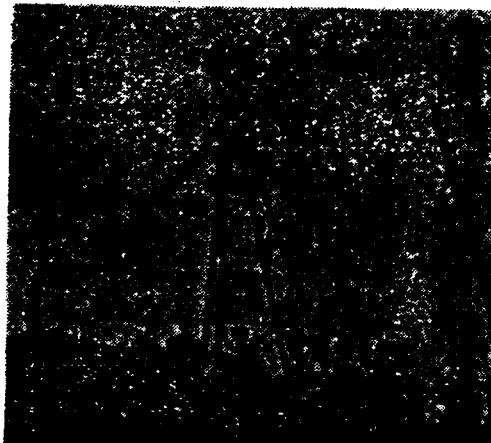
今日でも有名な風車の國和蘭では割合に遅く傳はつたもので、或る書に依ると1439年に始めて傳つたとあるが、初めは水上に浮ぶ箱船の上に据へられて製粉機等を運轉してゐたが、其の後1659年に「フランデル」から1人の美術建築家がやって来て、これ等のものを非常に優美な形のものとしたのである。即ち今日も世界で有名な和蘭式風車を作つたのである。ところが此の形式のものが歐洲全土に流行して段々大型のものまで作られる様になつたのである。

これ等の和蘭式風車も18世紀の中頃まで盛んに流行したのであるが、其の後蒸氣機器が發明されたので風車は餘り顧みられなくなつたのである。

然るに19世紀の中頃になつてこれ等の和蘭式風車が亞米利加へ渡來した。そして植民地へ傳はつて行つた。然し亞米利加植民地では斯る大形のものでは其の建築費も莫大なものであるし仲々その負擔には耐へなかつた。そこで改良の考案が起つて極く小型の簡易風車が出来たのである。

その頃は餘程科學も進んできたので所謂風力タービン式のものが出来たのである。即ち羽根の數をずつと増し20數枚から100枚に近いものまで出来た。それに從來塔

第2圖 米國式風車



を石造煉瓦造或ひは木造で高い塔室に作つたのであるがこれを祈塔とした。始めは全部木製であつたが鐵工業も大部進歩してきたので、全部を亞鉛鍍金した鐵製のものとした。

これが甚だ進歩した風車であつたと包ち世界の市場に出され米國の主なる輸出品となつた位である。その内でもアルゼンチン國へは毎年1万5千臺を下らぬと言ふことで米國內の風車製造所だけでも有名なものが10軒軒ある。

これらの多翼風力タービン式風車が技術に進歩してから獨逸ではこれに改良を加へ非常に大なるものも作つた。この時恰度アンマークではフ、クール氏が風力發電装置を發明したので、早速獨逸では、この多翼タービン式の風車をもつて大型の風力發電用風車をつくり、甚だ優秀なものを市場に出した。中でもアルゲマイネ電氣工場やシーメンス電氣工場では多數の特許を得てあつた。

日本にも珍しくこの型式の發電風車が明治25、6年の頃横濱の本牧で北方(きたがた)と稱する山上へ、獨逸人アヘル、シフナー氏が建てゝ、その實に電化をやつた位である。

とにかく、このタービン式風車包ちアメリカ式風車が實に最近まで流行してあつたが、近年の飛行機發達で、航空力學も大いに進歩して來た風車工學も漸く進歩してきた。恰度今から15、6年計り前に、アンマークのダインディング氏が最も進歩したプロペラ型風車を作つて、

これをアグリコ風車と名付けて一般に公開した。即ち翼の數は、ずっと少く且つ翼形が飛行機翼と同じやうに流線型の斷面を有つてゐるものである。そして風速に対する調整としては、風車の迴轉が減る限度を越すと自ら傾斜して其迴轉速度を調整するやうになつた。そしてその出力は從來の多翼タービン式風車から見ると1.5倍乃至2倍の出力を増加したのである。

これを見た獨逸では非常に大型なもの即ち直徑3メートルの、アグリコ型風車を作り、東部プロシヤの2箇村へ電力供給をやつた。此方式は發電方法が全く新しいもので全部アルゲマイネ電氣工場の設計であつた。

獨逸ボーレンハーゲン風車製造會社では從來、アドラー式風車と名付けて多翼タービン式のものを販賣してゐたが、昭和の初め頃から6枚乃至8枚のプロペラ型風車に改めたのである。これは昭和2年群馬縣農事試驗場と、昭和3年鹿児島高等農林學校へ建設したものはこの型式のものである。

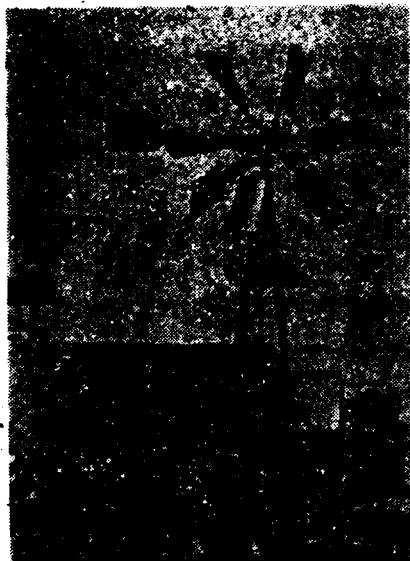
前述した如く第1次歐洲大戰後、歐洲各國では風力を大電力輸送の方面に利用することに研究を進められたのである。そして風車をして發電機と結びしめ所謂風車發電機の考案に向つて研究される様になつた。尙從來風車發電機は主として蓄電池の充電用として直流機を採んだのであるが、一步進んで三相交流機の運轉をなす様になつたのである。將來の大風力利用はこの三相交流發電機の利用の傾向となり直接送電網に利用されることになつたやうである。

隠つて日本では明治の初期米式風車が色々と輸入され主として郊外住宅其の他水道の便なき家庭の給水應用に供せられてあつたが筆者が昭和3年の初め東京中央放送局から農村文化と風車の利用と題し放送してから國內農村に大なる聲動を與へたものか、俄かに各方面で建設に着手した。即ち群馬縣立農事試驗場又は鹿児島高等農林學校では未だ日本では珍しい大型などを獨逸から取寄せた。

そして、農業機械の風力化に或は電化に用ゆる計畫を樹てたのである。

最も経済的な動力風車の利用

第3図 群馬県立農事試験場
農業機械運轉用最新型風車



更に筆者は茨城県筑波山麓一帯の高原に於て木製の簡易風車を設計してこれを建てたところ、昭和5年の關東地方を襲つた大旱魃に基だ有效であつたのに鑑み縣廳では補助金を出して大いに奨励したので忽ち流行し間もなく縣下一帯に凡そ1千餘臺も建てられた。

そこで隣縣の千葉縣でも、これに劣らず建てられ、現在では關西などでも大いに流行し從來の畠地でさへ水田化するに到つたのである。實際日本農村としては寧ろこの小型簡易風車が將來發達することであらう。

滿洲では大陸的の強風があり、風車の利用には持つてこいの所であるから滿鐵に於ても早くから勃々と建てられてあつた。然し多くは破壊されたと言ふことであつた。これは一つに米國式多翼タービン式を採用したからであらうと思はれる。

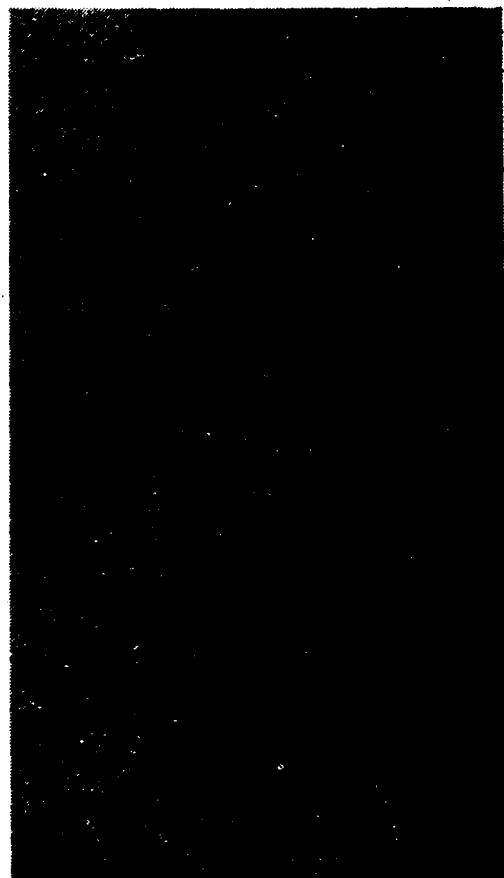
筆者は康徳2年大陸科學院の創設と同時に命を受けて専ら風車利用の研究をなしてゐた。

初めは日本農村に於て多く用ひられた木製の小型風車を建てゝみたが、毎年の4、5月に於ける強風期に於て多くは破壊されてしまつた。そこで段々と金屬製のものとしたのである。然しやはり農村としては木製の簡易風車が便利であるため最近のものは殆んど木材を利用して大

科式興農風車として作り、これを開拓地その他に勧めてゐるものである。然し一層大きな農村の利用としては寧ろ大型なものとし其直徑が6乃至10メートル位のものならば大なる灌漑排水を行ひその他風力發電装置として電化、農場に利用し得るものを作つた方がよいと思はれる。

とにかく風車の應用は前述した如く最も經濟的活動であるため農村を始め土木工事其他の方面に於ても用ひられ殊に發電方式として置けば殆ど總ての原動力として利用されるので、追々と此方式のものを建設されるやうになつた。それに現在の世界大戰終了後は第一次歐洲大戰後に於てさへ燃料の節約問題が起り風力利用の研究が深刻となつた位であるから必ず、更に一層の風力利用は起ることゝ信ぜられる。

第4図 大陸科學院敷地内風車給水塔一馬力半



3 風車の出力と揚水

風車は高所程強い風速を受けて出力を増すもので普通附近に高い建物や森林、その他山岳等の障害物がなかつたら地上10メートル以上の高い塔の上に置かれるものである。然し農村簡易風車の如きは餘り費用を要させぬため最低5メートル迄の高さとして別段差支へはない。

風車の出力は翼の數には餘り關係しないが直徑と風速の強さに大いに關係する。普通は次の式の如く出力即ち

馬力は風速の3乗と風車の直徑の2乗に比例する。即ち

$$\text{馬力} = 0.0003 \times D^2 \times V^3$$

此式中 D = 直徑(メートル)

V = 風速(秒/メートル)

0.0003 = 係數であつて最新型風車の常数(但し實驗より得たるもの)

そこで、この式に依り大體を計算して見ると次の表の如くになる。

第1表 風車の大さと風速に對する馬力數

風車の直徑 メートル	風速(秒メートル/m/Sec)						標準 馬力數
	4	5	6	8	9	10	
4.0	馬力 0.3	0.5	1.1	2.5	3.5	4.8	馬力 1.0
5.5	0.7	1.4	2.4	5.7	8.1	11.0	1.5
6.5	1.0	2.0	3.4	8.0	11.4	15.0	2.0
7.5	1.3	2.6	4.5	10.8	15.1	20.6	3.0
8.5	1.7	3.3	5.9	13.6	19.4	26.4	4.0
10.0	2.4	4.7	8.0	19.0	27.0	36.8	5.0
15.0	5.3	10.5	18.0	42.6	60.0	83.5	12.0

以上の第1表で見るが如く實に風車の出力は風の強弱で直に之を増すものである。

然し風速は殆ど地上附近では定常的のものでなく常に變化してゐる。即ち最小の變化でも1分乃至30秒位の間で變つてゐる。少しく大なるものでは20分乃至30分の間にても變化してゐる即ち風は息をしてゐる。

そこで風車の出力としても實際上では到底正確なものは得られない事である。それに風車には大概風速に對する調整装置が取付けてあるから餘り強い風でも自ら調速されて大凡秒速5乃至8メートル位の風を受けてゐることになる。そこで一般に風車の出力としては表の末尾にある標準馬力數に依るものである。

この標準馬力は又公稱馬力と見てもよい事である。例へば成る馬力の機械を動かすための風車を構成するには、その馬力を見てこれに匹敵する大きさの標準馬力の風車を擇べばよいことになる。

風車の利用として、最も多く用ひられるものは揚水利用である。即ち灌漑揚水或は排水その他給水のための揚水である。これも前述の如く判然とした確定的出力を得ることが出来ないので、やはり確定的な揚水量を求むることが出来ないのである。そこで從来の經驗に依り(獨逸に於て)風が一體に弱い地方或は強い地方、その他の中間の地方としてその揚水量を第2表で示されてあるが、之は大陸科学院の實驗と大差はない。

揚水量の確定は此第2表により大體の目安を見るに便利したものである、實に一般の風勢のみで定めることは困難である。全く建設されたその場所の増勢にもよることが多い。

揚水に使用するポンプ類は、高さ3メートル以上の揚水程のものでは一般にピストンポンプ或はプランジャー式ポンプを用ゆる然し揚水程が低い場合には離心型のポンプを使用しても差支へないが呼び水を常に注意して置

最も経済的な動力風車の利用

第2表 風車の大きさと揚水量(一時間の揚水量立方メートル)

風車の直徑オートル	風強勢の弱	全揚水程(メートル)					
		1.0	3.0	5.0	10.0	15.0	20.0
3.5	弱	110	37	22	11	7	5.5
	中	220	73	44	22	14	11.0
	強	376	125	75	37	25	19.0
4.5	弱	184	61	37	18	12	9.0
	中	364	121	73	36	24	18.0
	強	620	207	124	62	41	31.0
5.5	弱	274	91	55	27	18	14.0
	中	544	181	109	54	36	27.0
	強	930	310	180	93	62	46.0
6.5	弱	384	128	77	38	26	19.0
	中	760	253	152	76	51	38.0
	強	1,300	483	260	130	87	65.0
7.5	弱	510	170	102	51	34	25.0
	中	1,020	340	204	102	68	51.0
	強	1,740	580	348	174	116	87.0
10.0	弱	910	303	182	91	61	45.0
	中	1,800	606	360	180	120	90.0
	強	3,060	1,020	612	306	204	150.3

かねばならぬ、水質が、ずしつと不良の場合は螺旋式ポンプを使用することも獨逸あたりでやつてゐる。

4 大科式第一動型風車の構造と出力

今回浙江省建設廳で顧鄉屯に於ける松花江沿岸の溝地帯へ据付けた風車は大陸科学院動力研究室で設計したものである。これは康熙4年1月の入札で奉天の滿洲工廠で大部分を製作したものである。大體の構造は獨逸ボーレンハーゲン風車製造會社のアドラー式に模倣したのであるが、實車の實端に取付けた副翼は大陸科学院の特許の調速装置である。また屋内にある調速機は全然新しき試みのクラッチ式ガバナーで其速度を任意に調節し得る

ものである。

實車は4枚の最新型プロペラ型である、その直徑は8メートルであり高速度用である。出力は最大4馬力を標準とする。そして實車の最大運轉數は1分時に付、凡そ百運轉である。之が實車で2倍となり更に地上の横軸で2倍即ち實車の運轉はメインシャフトで4倍となつて凡そ4百運轉になる。

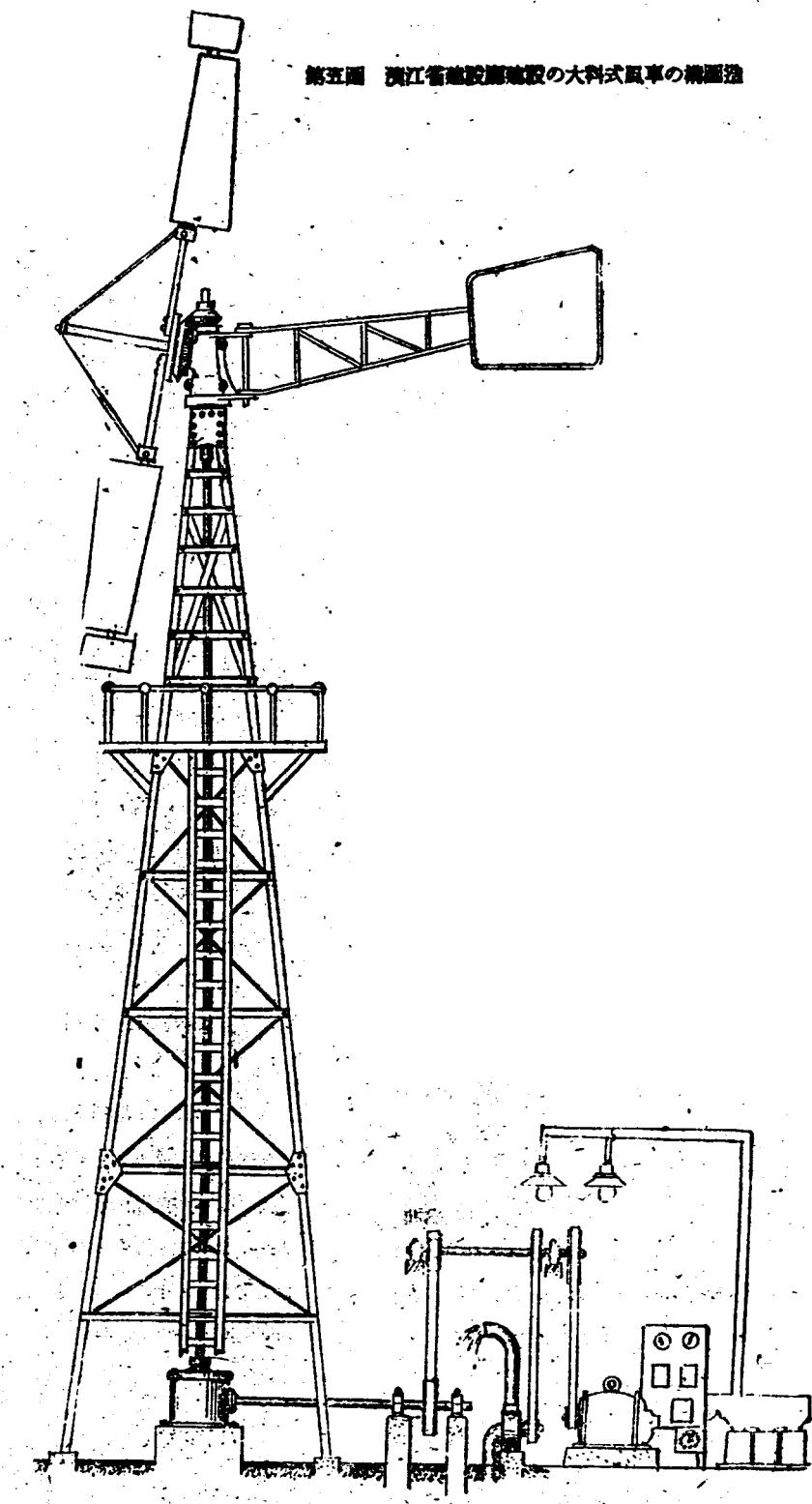
本風車の主たるものは排水であるが、揚水程が割合に低いため、下記3臺のポンプを据付けてある。

第1號ピストン型動力唧筒 1馬力用 暫未設置

第2號離心唧筒 1馬力用 暫未設置

第3號離心唧筒 2馬力用 暫未設置

第五圖 漢江省建設廳造設の大斜式風車の構造



第4號離心唧筒 5馬力用 壱臺

但し豫備ディーゼル馬力用機關付。

これらのポンプは風速の強弱により適宜に組合せて使用するものである。

排水を必要としない場合には2キロワット直流發電機壹臺を運轉して100ボルトの蓄電池に充電して置き、唧筒所の内外電燈を點てるやうにしてある。

寫眞(左)筆者と(右)黒田瀕江省建設廳長



5 風車建設の心得

風車を建てるには先づ左記の條件について充分調査し

て之を撰定することが必要である。

1 風車を建設する個所は、出来る限り風當りの良い所を撰ぶことが必要である。附近一帯が開闊地であり何れも附近には障害物の建物或は森林山岳がなかつたら其位置は理想的の場所である。若し之等の障害物が凡そ4百メートル以内の近い所にあつたならば、その建物の高さより尚5メートルの高さに風車塔を高くすることである。

2 風車の大きさを定めるには、その地方に於ける数年間の風速記録に基き充分考慮してこれを定むることである。それがためには其の地方の氣象台なり或は測候所につき詳細に記録を調査しこれによつて最も多く吹く平均風速を標準としてこれを定むるものである。

3 風車と唧筒或はメインシャフトには出来るだけ簡単で然も直結式が望ましい。

4 風車の塔は高い程風速を充分受けるので、少なくとも10メートル以上の高さとすること、若し附近高地あれば高地を撰ぶこと。

5 風力で一般の機械を運轉するには風の變化の多いことの缺點をなくする爲に電氣を利用することが便利であるから出来るだけ風力發電を採用することにしたい。そして出来る限り高い塔を撰ぶか或は少し位遠い距離があつても附近の山岳を利用してすることである。その遠距離のため多少の電壓降下があつても風速の1メートル増加は出力と約2倍或はこれ以上にする位であるから充分な出力を得て電壓降下は餘り大したことではない。

6 風車の羽根の數は出来るだけ少くする方が能率が良い、然し餘り風の少い所であると、最初の起動が充分行はれないから之等に付いても特に考慮して其數を定めることである。

(以上)