

水力発電所の建設に就いて

新原武雄* 桑原進**

The Construction of Hydraulic Power Plants

By Takeo Shimbara and Susumu Kuwabara
Electric Resource Development Company

Abstract

For sometime immediately after the war, Japan was confronting distressing deficiency in electric power, being harnessed by the Ordinance by the Occupation Forces prohibiting the exploitation of any new electric power resources, and the industry was compelled to patch up the situation by shifting restoration of the existing old power plants and substation which were left as devastated during the war.

Hence, when the permission for the construction of new plants was granted at long last in June 1949 the industry's long desire burst into such a wide scope of the planning of hydraulic power plant construction, led by nine electric power companies that in 1951 the projected output of the power plants has soared up to the new high in the nation's history of electric power cultivation.

On the other hand, the expansion or rehabilitation of once war-destroyed industries has been remarkable resulting in the phenomenal growth of the demand for the electric supply, and to cope fully with it, even the augmentation of the supply to be attained by the total completion of the above projects is admitted to have not much to help.

For the deficiency to be covered effectively, when further increase of demand in future is taken into account the extension of generating facilities must be continued at the rate of 900,000 kW, 5,000 kWh a year until 1957, and that 80% of it is to be taken up by the hydraulic plants.

Fortunately modernization brought about in all phases of the construction engineering has successfully shortened the period of construction work and this has wrought a radical change in the planning of the hydraulic power station for the much shorter period and simpler schedule.

Such advancement, side by side with low-interest loans allowed by the Government to the Electric Resource Development Co., has accelerated the pace at which the country-wide hydraulic power resource exploitation program is being accomplished.

〔I〕 現在までの状況

水力発電所の建設は、敗戦後の甚だしい電力不足を契機とし、又我国の最も有利な動力源としてその開発は一般から強く要望されていた。しかし当時の占領軍より新

規電力開発の認証がえられないため、わずかに継続地点、復旧地点数箇所を施工したに止まっていた。昭和24年6月に至り水力開発の認証があつてそれに対する資金の割当もあつたので、24年度工事（一部25年度に着工）が開始されようやく水力開発は軌道にのり始めたが、25年度工事は電気事業再編成その他のため着工資金の割当

* ** 電源開発株式会社

がなく、24年度工事に比して殆ど見るべきものがなかつた。この間自家用施設、公営施設はかなり開発が行われ供給力の増大につくすところがあつたが、26年度は九電力会社により、日本の電気事業史開始以来の大量着工が行われ、建設工事部門はにわかに活況を呈するに至つた。24年度以降の開発地点に対する水車の発注量を見ると、

昭和 24 年度	14 地点	160,000 kW
昭和 25 年度	10 地点	150,000 kW
(24年度計画分 140,000 kW を含む)		
昭和 26 年度	40 地点	700,000 kW
昭和 27 年度	45 地点	770,000 kW

となり年度間で非常にアンバランスがあり、計画的な開発が行われたとはいへにくい状態であつた。

23年当時の開発方針は、従来の流れ込式による経済開発よりも、季節的負荷調整を行い火力補給を効率のよいものにし更に石炭消費を減らし、天候による豊渇水の差を少なくして供給力のアンバランスを少なくするよう、大容量貯水池計画が立てられたが、この計画は龐大な資金と長い工期を要し、甚しい電力不足を救済するのに不相当と考えられ、早期完成のできる地点を第1にとりあげ、大容量地点は将来の着工地点として後期にまわすよう計画が変更された状況であつた。但し水力による尖頭供給力が増大できるよう調整池をもつものの計画が多く、27年度までに竣工した36地点の内16箇所が流れ込式、20地点が調整力をもつものであつた。昭和26年度工事が前述の如く大量に行われたがこれは26年夏の異常渇水による電力不足も開発を促進するものとなつたことと考へられる。26年度、27年度の龐大な開発着工量は甚だ大きい、これは我国電力技術陣の殆ど総力をあげての着工量であつて、このため技術陣の寝食を忘れるほどの努力のあつたことは忘れてはならぬことと考へる。

発電所の年度別着工量は、資金の都合その他により、電力不足が甚しかつたにもかゝらず、毎年計画的に着工することができず前述の通り甚しいアンバランスを示し、資金、資材、技術、人員何れの面から見ても、当時の電力不足の甚だしさを救済する長期建設計画に應ずるものとしては不満足な点が多いものといわざるをえない。このことは別な面で、機器製作者側からいつても、注文数量が年により甚だしく異り、工場製作設備の利用度の低下をまねき、又人員も不経済となり、経済速度による製作が行いにくい等のことから結局コスト高をまねき、又需要者側から見ても得策ではないことと考へる。

〔II〕 今後の開発

(1) 需給状況

電力の需給の昭和32年度に於ける見透しは、電力調査委員会の第2回発表によると、第1表の通りであつて、

現在開発決定分による供給能力は、1953～1956 年度間に水火力合計で、12月尖頭供給力で2,156,000 kW 増となつている。この内水力は1,860,000 kW で年平均450,000 kW 増である。しかし需要は同じ年度までに2,012,000 kW 増加する予想であるので現在の不足供給力と予想されている1,368,000 kW の大部分は解消されず、相変わらず電力の不足状態は続くものと予想されている。

従つてこの不足をカバーし更に、毎年の需要増加をまかなうためには、昭和32年度までに毎年約900,000 kW' $5,000 \times 10^6$ kWh の開発を行わなければならないことになり、この内約80% 以上は水力でまかなわなければならない予想となる。

(2) 開発量と技術者及び建設工程

戦前戦後の年度毎の開発量に比すると上記の開発量は非常に大量なものであつて、戦時中でも昭和17年の約400,000 kW 程度であつた。27年度は機器発注量が水車出力で770,000 kW に及んでいて、記録的なものとなつているが、更に大量の建設を遂行するには、建設部門の組織的な運用を行つて計画、設計工事の能力の最大利用をはかるほか、できるだけ大容量地点を選んで尖頭供給力を増すと共に補給によつて渇水期対策がとれるようにする必要がある。

戦争中に於ては電力方面への技術者の就職が割当制度ということがあつたため少く、又戦争末期及び戦後数年にわたり建設が中断された等のことにより技術陣の不足は各所とも甚しいものがあると推定される。幸に24年度以降の開発着工により新しい技術者がかなり養成され、この人々による次の開発が一層活潑に行われるようになったことは喜びにたえないことである。しかしこれら多くの技術者は工事を終了するごとに住居を移し、子女の教育その他にかなりの不便をこうむつていゝと思うが、新しい力を生み出す喜びによつてこれらの不便を克服しているものと思う。この状態を何等かの方法によつて改善、例えば、建設部隊ともいふべきものを組織し一定の住居を与え、有能者を好遇する等によつて更に有能者の建設への努力が期待されうるのではないだろうか。

開発の速度は最近に至り土木工事の機械化にともない、即ちケーブルクレーン、掘削機、運搬車、バッチャプラントの使用、コンクリート冷却工法の採用等により戦前の工期に比して格段の短縮が見られるようになつた。一方設置する電気機器の製作期間は土木工期の短縮に見合つて短縮されることは仲々困難であつて、従来の如く工事の着工及び設計後、機器の仕様を定めて発注を行うことでは、製作期間の短くなつたため機器の設計、製作の面でかなりの無理な点を生じてきている状態があると思う。諸外国の水力建設の状況を文献その他によつ

水力発電所の建設に就いて

第 1 表 1951 年から 1957 年までの全国 12 月に於ける最大供給能力*、尖頭負荷、不足 (1,000 kW 単位) 及び年間需用電力量† (1,000,000 kWh 単位)
 Table 1. Japan's Totaled Maximum Electric Supply, Peak Load and Supply Deficiency in December (Unit: 1,000 kW) and Yearly Demand (Unit: 1 million kWh) from 1951 to 1957

設備容量 (銘板出力)	尖頭負荷時 供給能力 (所内消費 を控除した もの)	実 績						平 水						渇 水												
		1951		1952		1953		1954		1955		1956		1957		1953		1954		1955		1956		1957		
		増	% 増	増	% 増	増	% 増	増	% 増	増	% 増	増	% 増	増	% 増	増	% 増	増	% 増	増	% 増	増	% 増	増	% 増	
火力発電所	3,049	3,029	3,248	3,461	3,749	3,632	3,461	3,749	3,749	3,749	3,632	3,461	3,461	3,461	3,749	3,632	3,461	3,461	3,749	3,749	3,632	3,461	3,461	3,569	3,569	
水力発電所	6,199	6,402	6,810	7,635	8,016	8,907	7,635	8,016	8,016	8,907	8,907	7,635	7,635	7,635	8,016	8,907	7,635	7,635	8,016	8,016	8,907	7,635	7,635	9,011	9,011	
合 計	9,248	9,431	10,058	11,096	11,765	12,539	11,096	11,765	11,765	12,539	12,539	11,096	11,096	11,096	11,765	12,539	11,096	11,096	11,765	11,765	12,539	11,096	11,096	12,580	12,580	
火力発電所	1,292	1,944	2,373	2,476	2,803	2,751	2,476	2,803	2,803	2,751	2,751	2,476	2,476	2,476	2,803	2,751	2,476	2,476	2,803	2,803	2,751	2,476	2,476	2,704	2,704	
水力発電所	5,114	4,876	4,523	5,136	5,444	6,271	5,136	5,444	5,444	6,271	6,271	5,136	5,136	5,136	5,444	6,271	5,136	5,136	5,444	5,444	6,271	5,136	5,136	6,385	6,385	
小 計	6,406	6,820	6,896	7,612	8,247	9,022	7,612	8,247	8,247	9,022	9,022	7,612	7,612	7,612	8,247	9,022	7,612	7,612	8,247	8,247	9,022	7,612	7,612	9,089	9,089	
他 社 受 電	61	67	64	29	29	28	29	29	29	28	28	29	29	29	29	28	29	29	29	29	28	29	29	24	24	
供給能力 合計	6,467	6,887	6,960	7,641	8,276	9,050	7,641	8,276	8,276	9,050	9,050	7,641	7,641	7,641	8,276	9,050	7,641	7,641	8,276	8,276	9,050	7,641	7,641	9,116	9,116	
常 時 負 荷	6,467	6,887	6,960	7,641	8,276	9,050	7,641	8,276	8,276	9,050	9,050	7,641	7,641	7,641	8,276	9,050	7,641	7,641	8,276	8,276	9,050	7,641	7,641	9,116	9,116	
制 限 可 能 負 荷	77	113	114	116	119	120	116	119	119	120	120	116	116	116	119	120	116	116	119	119	120	116	116	122	122	
要 制 限 負 荷	691	775	1,254	1,050	894	610	1,050	894	894	610	610	1,050	1,050	1,050	894	610	1,050	1,050	894	894	610	1,050	1,050	1,102	1,102	
無制限尖頭負荷 合 計	7,235	7,775	8,328	8,807	9,289	9,780	8,807	9,289	9,289	9,780	9,780	8,807	8,807	8,807	9,289	9,780	8,807	8,807	9,289	9,289	9,780	8,807	8,807	10,340	10,340	
供 給 能 力 の 不 足	768	888	1,368	1,166	1,013	730	1,166	1,013	1,013	730	730	1,166	1,166	1,166	1,013	730	1,166	1,166	1,013	1,013	730	1,166	1,166	1,224	1,224	
無制限尖頭負荷に対する%	10.6	11.4	16.4	13.2	10.9	7.5	13.2	10.9	10.9	7.5	7.5	13.2	13.2	13.2	10.9	7.5	13.2	13.2	10.9	10.9	7.5	13.2	13.2	11.8	11.8	
無制限需用 電 力 量	42,312	46,467	48,885	51,328	53,740	56,236	51,328	53,740	53,740	56,236	56,236	51,328	51,328	51,328	53,740	56,236	51,328	51,328	53,740	53,740	56,236	51,328	51,328	58,959	58,959	
年 間 需 用 電 力 量	66.6	68.2	67.0	66.5	66.0	65.6	66.5	66.0	66.0	65.6	65.6	66.5	66.5	66.5	66.0	65.6	66.5	66.5	66.0	66.0	65.6	66.5	66.5	65.0	65.0	
年 負 荷 率 %																										
年 間 需 用 電 力 量																										
年 負 荷 率 %																										
年 間 需 用 電 力 量																										
年 負 荷 率 %																										

(註) * 最大供給能力の予想は 1953 年 4 月 1 日現在に於て工事実施の決定した発電設備の拡充計画に基いている。
 † 年間需用電力量はその年の 4 月 1 日から翌年の 3 月 31 日までの会計年度に於けるものである。

第2表 電源開発株式会社開発希望地点概要
Table 2. Location and Outline of Projected Power Plants

地点名	所在県	最大出力(kW)	年間電力量(kWh)	建設費(1,000円)
鳩ヶ谷	岐阜県	102,000	455,000,000	11,000,000
⊗●奥只見	新潟県	225,000 (300,000)	396,800,000 (396,800,000)	20,171,000
⊗●田子倉	福島県	150,000 (225,000)	503,200,000 (503,200,000)	18,864,000
滝	福島県	90,000	460,000,000	5,219,000
⊗●黒又川第1	新潟県	61,500	276,000,000	6,408,000
●芦廻瀬	奈良県	64,000	285,000,000	9,850,000
●高尾谷	三重県	25,000	74,000,000	7,980,000
●大泊	三重県	63,000	254,000,000	2,590,000
⊗ 黒部川第4	富山県	150,000	890,000,000	23,800,000
神瀬	熊本県	48,000	195,684,000	3,202,000
●瀬戸石	熊本県	17,000	89,000,000	2,150,000
上頭地	熊本県	26,400	61,940,000	2,736,000
桃ヶ谷	高知県	67,300	122,200,000	6,600,000
小歩危	徳島県	54,000	254,400,000	3,769,200
池田	徳島県	20,000	93,000,000	2,240,000
⊗ 魚梁瀬	高知県	22,500	61,100,000	4,613,000
新画	高知県	14,300	56,400,000	2,406,000
⊗ 奈半利	高知県	93,000	455,000,000	7,337,000
●⊗須崎第1	高知県	140,000	470,700,000	12,960,000
須崎第2	高知県	20,000	67,400,000	1,244,000
江川	鳥取県	140,000	499,470,000 (+69,000,000)	14,486,000
新宇治	京都府	193,000	650,404,000(+260,900,000)	10,074,500

(註) ●印は28年度着工又は着工予定地点 ⊗印は貯水池地点

て見ると、土木工事の設計が調査の終了によつて略完了して、その時期には機器の発注を行いうる状態となつており3年先位までの発電所機器は注文済となつていて、機器発注後土木工事が開始されているものと予想される。従つて機器の設計製作は十分時間の余裕をもつて行われ工場の経済速度で製作されるとか、又工場設備の稼働率が非常によく点等もあつて、国産品とは幾分値開きがあるようである。勿論値開きの原因には材料単価の問題もあるが、国産品も経済速度により製作し、工場設備の稼働率をよくする等のことによりかなり価格低下をはかることができ、製作者、需要者双方にかなりの利益をもたらすものと考え。

我国の開発工事も近代化されて、欧米の工事相当の速度と規模で行われるようになったため、今迄とは工事の順序を変更して、調査の終了により計画を確立し、機器の発注ができる状態とする必要を生じてきたものと考え。

〔III〕 電源開発株式会社の開発計画

電源開発株式会社は昨年9月電源開発促進法にもとず設定され、低金利政府資金により、大規模地点の開発き

及び河川総合開発の電力部門を担当することを目標としている。大規模地点は工事費単価は割安であり又開発による供給面への寄与も大きく、その開発の必要性が叫ばれることが久しかつたが、工事費の龐大なこと、工期の長いこと等のため現在の高金利及び資金不足の状態では、一電力会社によつては着工がかなり困難で、立案されながらも着工がのびのびとなつていたものである。

現在我国で計画されている大規模貯水池地点は多数あり、この内電源開発株式会社の開発希望地点としてとり入れられているものもある。このほかに開発を希望しているものもあり、これを示すと第2表の通りであつて●印が28年度着工予定⊗印が貯水池式である。

これらはその大部分が着工期未確定のものであり、従つて電力調査委員会の統計(第1表)には入っていない。それでこれらの完成をはかることによつて電力不足の克服、需要増加に対して大威力を発揮することとなるであろう。このほか、目下電源開発株式会社の工事中のものには貯水池地点が多く、糖平、幾春別、胆沢、猿ヶ石、郷母衣、西吉野等何れも渇水期電力の供給に寄与することになるであろう。又佐久間発電所は完成の暁にはその容量に於て本邦最大のものと予想されるが、丁度50、

60系[○]の中央に位し、何れの系統へも電力を供給しうる位置にあり、この供給力の増加は、常態に於ける電力源として及び異常状態に於ける救援電力源としてその早期完成が待望されているものである。

送変電施設としては電源開発株式会社の発電力が貯水池式大容量地点が主となり、その供給力は既存電力会社設備に対して占める位置が極めて大きく、且つこれらの発電所は河川流量の地方的差異、年間及び月間の出力を調節できる能力を有している。従つてこれらは電力会社の需給状態にかなり影響を与えることになり、又会社相互間の需給の不均衡是正の役割も果すことになるものと思う。

又電源開発株式会社の独立企業体としての運営の面からも考えて次の如き基本的な構想が生じてくる。

- (1) 電源開発株式会社の大電源と各地区需要中心地間に送変電設備を建設する。
- (2) 電源開発株式会社の大電源と需要中心地を結ぶ線路は原則として超高圧とする。
- (3) 上記送電線は連絡線を設け又既設々備との連繫を強化する。
- (4) 他事業者の設備計画との関連を考慮する。

以上の構想によつて電源開発株式会社の今後の送変電計画は立案されることとなるであろう。

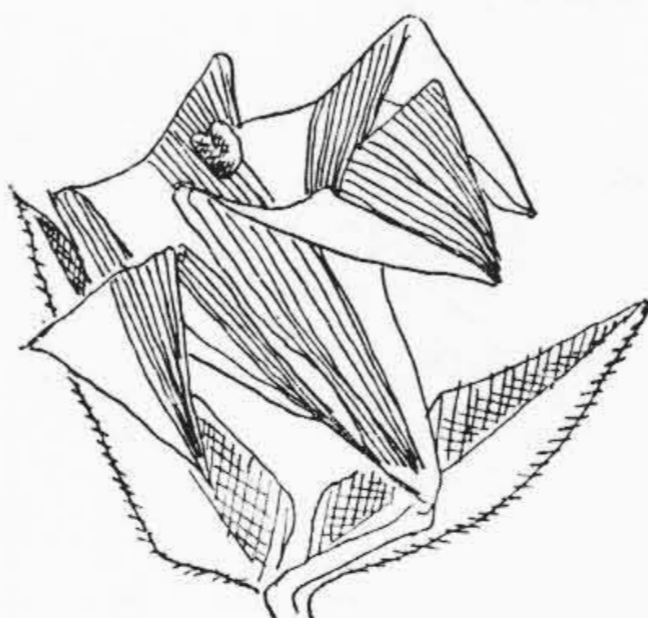
〔IV〕 大容量発電所の設計に就いて

大容量発電所は今後只見川、熊野川、黒部川、奈半利川、球摩川、江ノ川等今後数年間以内にかんがりの地点が開発の工程にのせられてくるものと予想されるが、これらの地点は何れも大容量貯水池を有するため、その経済性の判定はかなり複雑であつて、このような場合については現在までに判定の適当な基準的方法は、提案されて

いてもかなり面倒であつたり、又実状にそわぬ点があつたりして利用しにくい。又設備ある機器も利用水源の大きいため機器の性能の判定、仕様の選定にかなり作業量を伴いこの選定によつては発電所の経済性にもひびく程となる。従つてこれらなるべく簡単に判定する基本的な方法を何らか定め、あるいは資料をとるのえるなど短期間に計画の算定のできるようしておく必要があると思う。このほかに中小容量発電所に比して設計に対して注意を払わなければならぬ問題が多々ある。

その一つとしては、系統に対する影響であつて事故時には大出力が切り離されるため、他の機器を周期外れとする如き状態も考えられ安定度について自己のみでなく他の機器も十分考慮する必要がある。又安定度の増加方法としても最も経済的な方法を選定すべきであつて、 GD^2 を大とする方法、短絡比を大とする方法、ダンパー巻線を設けインピーダンス低下をはかる方法、電圧の速度度をあげる方法、発電所に Reactor を設け発電機の誘起電圧を大にする方法等、調査研究の分野はかなり広いものとなる。

このほか長距離送電線の場合には線路充電の問題、遮断器の特性等も十分調査の必要があるものである。又所内動力の確保をはかる必要があるのでなるべくならば所内用の単独電源を有することが望ましい。主発電機回路から所内動力と変圧器によつてとる場合には、低圧側の短絡電流も重要な問題となる。短絡電流はヒューズの遮断容量以上となる場合がしばしばあり、このため電動機の電圧も 400V の標準が必要になつてくる。水力設備は建設完成の上は変更は甚だ困難であつて不可能に近いから、特に大容量地点には慎重な考慮が必要であつて悔をあとにのこすことのないよう十分の研究調査が必要と考えるものである。



水力発電機器に関する日立評論既刊論文集

U.D.C. 621.311-824 (048.1)

(その一)

本論文集は日立評論、日立機械評論の創刊号より第35巻、第9号(昭28.9)までの論文中水力発電所用として特に記述せる論文のみを主として掲げ、一般的に記述せる論文は省略した。

(編集者)

061.62 研究所

- 1) 最近完成したる水車実験室の一例
田中文吉: 日立評論 10 1 (昭2.1) 51
- 2) 新水力実験室に就いて
大戸英雄: 日立評論 19 8 (昭11.8) 527

532.528 キャビテーション

- 1) 細隙に起る空洞現象
山崎卓爾: 日立評論 26 12 (昭18.12) 685
- 2) 沼沢沼揚水発電所ポンプのキャビテーションに対するモデル実験
横山重吉: 日立評論 35 5 (昭28.5) 785

532.57.08 流量測定法

- 1) 塩水速度量水法(その一)
今井恒三郎: 日立評論 13 9 (昭5.9) 489
- 2) 塩水速度量水法(その二)
今井恒三郎: 日立評論 13 11 (昭5.11) 599
- 3) 塩水法及びギブソン法による水車の性能試験
山崎卓爾: 日立評論 32 5 (昭25.5) 261

534:621.224 水車の振動

- 1) 水車のドラフトチューブ内に於ける異常音響の種類と原因
今井恒三郎: 日立評論 8 11 (大14.11) 695
- 2) 吸水管の振動に就いて(その一)
鬼頭史城: 日立評論 10 11 (昭2.11) 767
- 3) 吸水管の振動に就いて(その二)
鬼頭史城: 日立評論 10 12 (昭2.12) 845
- 4) 水車のドラフトチューブに空気を吸入せしむる時の効率と振動の変化
今井恒三郎: 日立評論 17 10 (昭9.10) 487
日立機械評論 18 (昭9.10) 143
- 5) フランス水車の振動
今尾隆、小森谷亨: 日立評論 25 4 (昭17.4) 218
- 6) 猪苗代第一発電所水車の振動に就いて
松田正彦: 日立評論 33 5 (昭26.6) 329

621-755 運動質量の平衡

- 1) 振動位相測定器を用いない高速電機の常速平衡法
林田穰: 日立評論 30 5 (昭23.12) 203

- 2) 回転機の楕円振動とフィールドバランスに就いて
林田穰: 日立評論 33 5 (昭26.6) 367
- 3) 携帯用回転平衡調整装置
今尾隆: 日立評論 33 5 (昭26.6) 375

621.221-821.2 抵落差の流水原動所

- 稀なる低落差水力発電所
福元稔: 日立評論 1 4 (大7.6) 5

621.221.4 揚水式原動所

- 1) 東北電力株式会社沼沢沼揚水発電所建設に就いて
館内三郎: 日立評論 35 4 (昭28.4) 627
- 2) 東北電力株式会社納沼沢沼揚水発電所用ポンプ
本多孝一: 日立評論 35 4 (昭28.4) 633
- 3) 東北電力株式会社納沼沢沼揚水発電所用ポンプのキャビテーションに対するモデル実験
横山重吉: 日立評論 35 5 (昭28.5) 785
- 4) 東北電力株式会社納沼沢沼揚水発電所用ポンプのウオターハンマーに対する研究
小堀威: 日立評論 35 6 (昭28.6) 919

624.224 水カタービン一般

- 1) 札幌水力電気株式会社 1,100HP 水車に就いて
福元稔: 日立評論 4 2 (大10.2) 74
- 2) 米国に於ける水車の製造に就いて
M. A. 生: 日立評論 5 10 (大11.10) 483
- 3) 水車に就いて(竹之沢発電所)
福元稔: 日立評論 6 6 (大12.6) 215
- 4) 我国に於ける水車工業
ふみ生: 日立評論 7 9 (大13.9) 330
- 5) 本邦製大型水車の一例
栗野義六郎: 日立評論 8 11 (大14.11) 740
- 6) 水車の欧米(その一)
福元稔: 日立評論 9 1 (大15.1) 41
- 7) 水車の欧米(その二)
福元稔: 日立評論 9 2 (大15.2) 120
- 8) 水車の欧米(その三)
福元稔: 日立評論 9 3 (大15.3) 175
- 9) 自動水力発電所の水車設備に就いて
福元稔: 日立評論 11 7 (昭3.7) 469

(第20頁へ続く)