

300m の複曲線で、排煙状況が不良であるからサッカルト式排煙装置を設置して安全を期した。

7. むすび

昭和 11 年着工以来、20 年 6 月之を中止する間、その総工事費は約 1 800 万円であつたが、今回 2 年間の工事費は 10 億を超え、こゝにも時代の変遷が明らかに画き出されている。

全工事は大小凡そ 300 の工事の集積によつて組立てられた。全体のスケジュールを勘案しながら、設計をして適当な時期をつかんで工事に着手して行つた訳であるが、特に全通設備関係は一つの総合芸術の様に、多種多様の工事が時期的にうまく調和を保ちながら組

立てられて、始めて効果を発揮するものであるから、些少の工事でも気が許せなかつた。

工事中常に吾々の念頭を去らなかつたのは、工期を確実に守るという責任感と、戦争で荒れた技術を再び取戻そうという技術人の魂であつた。業者各位も亦同じ気持で献身的の努力を払われ、相協力して進み得た事は感激に耐えぬ次第であつた。

幸いにして、自然の条件と周囲の熱烈な協力に恵まれて、工期を 50 日短縮して 10 月 10 日無事本線を全通させる事が出来た事はまことに幸福であつた。

(昭. 25.12.22)

貯水池の堆砂量と集水区域の地形及び地質との関係について (第1報)

正 員 田 中 治 雄*
准 員 ・ 石 外 宏*

ON THE RELATION OF SEDIMENTATION OF RESERVOIRS TO CONFIGURATION AND NATURE OF ROCKS OF CATCHMENT AREA. (1st. Report) (JSCE April 1951)

Haruo Tanaka, C.E. Member, Hiroshi Ishigai, C.E. Assoc. Member

Synopsis In this paper, relation of sedimentation in the reservoirs to configuration and nature of rocks in the catchment area is studied from geological and topographical point of view. And it has been found that sedimentation is largely affected by the topographical factors rather than by the nature of rocks.

That is to say, it is concluded that the volume of sediment in the reservoir may be more, if the catchment area is located at a higher altitude and releases a large amount of energy.

And yet it seems that some kinds of definite quantitative relation exist between volume of sediment and configuration, in consideration of other regional conditions.

要 旨 本研究は貯水池堆砂の原因を地形及び地質の分野より考究し、堆砂の原因は集水区域内に発達する各種岩石の分布率よりもむしろ地形の緩急、標高の高低に大きく影響せられていることを示し、更に進んで地形、地質、気象並びに地理的条件を考慮して集水区域をなす山地を地域別に分けた場合、それらの山地内において計画せられる貯水池の堆砂量のあらまはしは地形の要素をもとにした関係式によつて推測し得られるのではあるまいかということを論じたものである。尙研究材料としては日発所属の 32 貯水池を用いた。

1. 貯水池堆砂量と集水区域の地質(岩質)との関係について

本研究では貯水池の集水区域内に発達する各種岩石の分布率と堆砂量との関係を取扱つた。その目的とするところは或る種の岩石が集水区域内に広大な分布を持つとき特に堆砂量に多寡があるならばその岩石の一般的な岩質が堆砂量に影響を与えているか否かを推知し得られるであろうと考えたからである。岩石の分布率を測定するに当つては工業技術庁地質調査所発行の 20 万分ノ 1 地質図を使用した。さて各種貯水池の集水区域を構成する総ての岩石の分布を本図によつて求め更にこれらの岩石を次のように纏めた。

(1) 深成岩、半深成岩、及びその変成岩類：花崗岩、石英斑岩、閃緑岩、花崗斑岩、片麻岩類等を含む。

* 日本発電株式会社電力技術研究所

- (ii) 噴出岩類：石英粗面岩，安山岩，集塊岩，玄武岩等を含む。
 - (iii) 古期堆積岩類：古生層（粘板岩，砂岩，石灰岩等）中生層（粘板岩，頁岩，砂岩等）
 - (iv) 新期堆積岩類：第三紀層（頁岩，砂岩，凝灰岩等）洪積層，沖積層（何れも粘土，砂礫等）火山岩層（火山礫，火山灰，火山砂等）
 - (v) その他の変成岩類：結晶片岩類及び蛇紋岩
- この分類を基として各箇の貯水池の集水区域を構成する各種岩石の分布率とその貯水池の1年1km²当り堆砂量との関係（表-1）を図表に点描して見たが各点は著しく分散するので相関係数を用いて両者の関係

- 量との相関係数：(ii)と同様計算不能
これらの事実より知られることは
- a) 「噴出岩類」「新期堆積岩類」及び「その他の変成岩類」は多くの貯水池の集水区域に現出するものゝその分布率は低いものが多く一般的に見て貯水池の堆砂に対しては大きな役割は演じていないのではなからうかということ。
 - b) 深成岩，半深成岩，及びその変成岩類の分布率と堆砂量との相関々係は極めて薄い。
 - c) 古期堆積岩類の分布率と堆砂量との間には少しく相関々係が認められる。即ち粘板岩，頁岩等より成る地層が集水区域に広く分布していると堆砂が多くなる傾向が多少あるのではないかと考えられる。

表-1 各箇貯水池の集水区域を構成する各種岩石の分布率及び堆砂量 (m³/km²/year)

Distribution percentage of miscellaneous rocks in the catchment area and annual volume of sedimentation (m³/km²/year) in the every 32 reservoir.

貯水池名	年間の平均堆砂量(m ³)	集水区域内に於ける分布率(%)				
		深成岩類	噴出岩類	新期堆積岩類	古期堆積岩類	その他の変成岩類
須賀川	1275	57.2	7.9			33.0
須賀川	1277			10.0		
須賀川	1289	32.2	26.8	12.7		27.3
須賀川	936	67.7	32.3			
八雲川	677	78.0	27.0			
八雲川	662	4.2		78.6		
八雲川	545	31.1	43.6	0.7		24.6
八雲川	527	52.3	7.6	23.4		2.7
八雲川	462	94.5	13.5			
八雲川	381	53.4	4.1	28.7		3.3
八雲川	364					10.5
八雲川	360	28.6	2.7	50.0		2.7
八雲川	295	100				
八雲川	263	15.6	0.5	83.9		
八雲川	258			76.7		3.3
八雲川	241	51.6	32.2			14.2
八雲川	228	0.7		98.7		0.6
八雲川	222	76.6	0.5			4.7
八雲川	200	12.0		87.5		0.5
八雲川	199		0.5			22.7
八雲川	192	5.2	74.7			23.1
八雲川	176	100				
八雲川	175	78.8		61.2		
八雲川	157	9.2		52.4		32.2
八雲川	149	96.3				3.7
八雲川	122	9.6		89.9		0.5
八雲川	114	66.9	7.2	19.7		4.2
八雲川	77	22.1	23.0	11.0		44.7
八雲川	77	65.9	17.9	16.3		
八雲川	42	43.9	5.7	1.5		48.7
八雲川	8	60.9		79.1		10.0
八雲川	3	9.3		70.7		

を検討した。相関係数を算出するに当つては分布率の40%以下のものは除外した。計算の結果は次の通りである。

- (i) 「深成岩，半深成岩及びその変成岩類」の分布率と貯水池堆砂量との相関係数： $r = -0.09$
- (ii) 「噴出岩類」の分布率と貯水池堆砂量との相関係数：40%以上の分布率を有するもの2点よりなく計算不能
- (iii) 「古期堆積岩類」の分布率と貯水池堆砂量との相関係数： $r = 0.3$
- (iv) 「新期堆積岩類」の分布率と貯水池堆砂量との相関係数：(ii)と同様計算不能
- (v) 「その他の変成岩類」の分布率と貯水池堆砂

2. 貯水池堆砂量と集水区域の地形との関係について

山の地形をあらわす一要素として起伏量を用いた。筆者等は起伏量の定義を J.Partsch¹⁾氏に従い、「ある一定面積内の最高点と最低点との高度差」と定義した。

起伏量をとる単位面積の選定に関しては岡山俊雄²⁾多田文男³⁾氏等の詳細な吟味があるが，広い地域の研究において一々単位面積を異にすることは困難であり又不便でもあるので多田文男氏に従つて16km²の面積を単位面積とした。

即ち研究せんとする貯水池ダムの中心点を取り，その点を通つて南北及び東西に延びる線を引きこれらを基準として集水区域を16km²の柵目に切り，それらの柵目内の最高点と最低点との差をとつて起伏量とした。又最高点と最低点との絶対高距の平均値をとつて高度とした。この方法に基き32の貯水池についてそれらの集水区域の起伏量及び高度を計測し起伏量の加重平均 \bar{x}_1 及び高度の加重平均 \bar{x}_2 と堆砂量との関係を検討した。かくして求められた結果は表-2に示す通りである。

又これらの関係を相関係数を用いて表わすと次のようになる。

- (i) 集水区域の起伏量と堆砂量との間の相関係数 $r = 0.4$
- (ii) 集水区域の絶対高度と堆砂量との間の相関係数 $r = 0.5$

1) J.Partsch: Schlesien. Eine Landeskunde für das deutsche Volk, ii, 3, Breslau 1911.
2) 岡山俊雄: 山岳地形に関する二,三の問題: 岩波講座地理学 p35~47, 1932.
3) 多田文男: 山頂の高度と起伏量との関係並びに之より見たる山地の開析度について: 地理学詳論 第10巻第11号 昭和9年p1~29, 1934.

表一 各箇貯水池の集水区域の地形的要素及び堆砂量 (m³/km²/year)

Topographical factors and volume of sedimentation in the catchment area of every 32 reservoir.

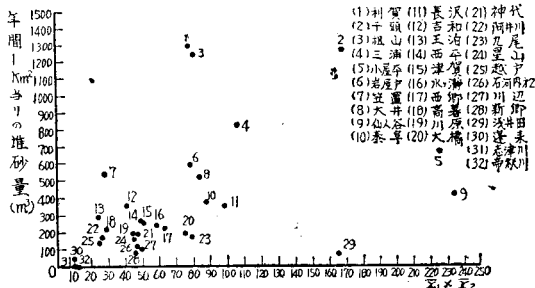
貯水池名	河川名	集水区域の面積 (km ²)	起伏量の平均 (m)	高度の平均 (m)	堆砂量 (m ³ /km ² /year)
北沢池	川	1272	759	1033	7747
利千池	庄	1277	693	1529	14774
三小池	庄	1249	499	1163	8449
小池	庄	836	442	1600	14892
大池	庄	499	1153	1954	22129
天池	庄	662	804	765	7727
天池	庄	545	468	404	2627
天池	庄	577	457	727	8989
天池	庄	462	1174	2169	23621
天池	庄	391	720	1249	8745
天池	庄	364	86	116	7864
天池	庄	360	492	825	4116
天池	庄	295	326	751	2465
天池	庄	263	797	497	4929
天池	庄	259	614	825	5045
天池	庄	241	657	889	5505
天池	庄	229	757	834	4245
天池	庄	229	395	751	2679
天池	庄	200	727	626	4517
天池	庄	199	732	1027	7519
天池	庄	172	674	717	4777
天池	庄	176	464	565	2495
天池	庄	174	222	1689	7855
天池	庄	169	469	461	4507
天池	庄	149	491	63	2536
天池	庄	122	712	64	46
天池	庄	111	545	985	5600
天池	庄	88	570	814	4646
天池	庄	74	1044	1529	14435
天池	庄	42	727	461	1035
天池	庄	9	307	345	1459
天池	庄	3	194	523	114

即ち起伏量及び高度と堆砂量との間にはかなり積極的な相関係が認められるのである。換言すれば集水区域の山岳が急峻であればある程、又標高が高ければ高い程堆砂量が増加する傾向が認められる。

3. 貯水池堆砂量と地形及び地質との総合関係

地形と堆砂量との関係において或る程度の相関係を得ることが出来たが起伏量の平均に重みを持たせるために高度の平均を乗じた数値を用いて地形の概念を明確にし、この数値と堆砂量との関係を検討した。 $\bar{x}_1 \times \bar{x}_2$ なる値の持つ地形的意味は絶対高度 \bar{x}_2 の箇所において \bar{x}_1 なる起伏量をもつ山岳の地貌ということである。さて $\bar{x}_1 \times \bar{x}_2$ の値と堆砂量との関係を検討するために両者の相関係数を算出して $r=0.4$ を得た。

図一 集水区域の地貌と堆砂量との関係
Relationship between mode of mountainland (reliefenergy times altitude) and volume of sedimentation (m³/km²/year)



これによればこれら両者の間には積極的な関係があると見做され $\bar{x}_1 \times \bar{x}_2$ の増大するにつれて堆砂量も増加する傾向にあるのは \bar{x}_1 及び \bar{x}_2 を夫々単独に検討した時と同様である。(表一及び図一参照)

前節において集水区域内の各種岩石の分布率と堆砂量との間にはあまり密接な相関係が見られないことを述べたが、ここでは集水区域が同一種類の岩石から成る各種貯水池の堆砂量が夫々のもつ $\bar{x}_1 \times \bar{x}_2$ によつて如何に変化するか。云いかえれば一種類の岩石から成る集水区域をもつ貯水池群の $\bar{x}_1 \times \bar{x}_2$ と堆砂量との関係如何を検討した。

ここに「集水区域が一種類の岩石から成る」といっても全集水区域が唯一種類の岩石(例えば花崗岩)だけで構成されているような地域は日本のように地質分布の変化の著しい国では望むことは出来ないので集水区域の50%以上が深成岩、半深成岩及びその変成岩類から成立っているものを集めて「集水区域が深成岩、半深成岩、及びその変成岩類より成る貯水池群」とした。以下古期堆積岩類その他同様の仮定に基づいて

「集水区域が深成岩、半深成岩、及びその変成岩より成る貯水池群」における(堆砂量— $\bar{x}_1 \times \bar{x}_2$)関係の点群を整理すると図一2(a)に示すようにA, B, C, の3群に分かれる。このA, B, C, の夫々に関し年雨量、気温⁴⁾ 地理的条件等を入れて見ると表一3に示すようにかなりはつきりした相違が見られ、この分け方が必ずしも無意味でないことが知られる。次に「集水区域が古期堆積岩類より成る貯水池群」についても同様の見方から整理すると図一2(b)及び表一3に示す如くD, E の2群に分つことが出来る。更に「集水区域がその他の変成岩類より成る貯水池群」及び「集水区域が噴出岩類より成る貯水池群」を夫々F及びG群として上述と同様の考えに基づいて整理しようとしたが資料不足の為に結果が得られない。しかし「その他の変成岩類」に関してはその分布地域が限定せられ、そこに存在する貯水池の数も定まっているからこの程度の資料より類推するより外に方法がないのではないかと考えている。

「集水区域が深成岩、半深成岩、噴出岩及び新期堆積岩等各種岩石の0~40%づつから成る貯水池群」はH群とした(図一2(c)及び表一3)H群に地域差が認められないのは資料不足のためであろうと思われるが、今後資料の増加によつて地域差が出て来る可能性も考えられる。

4) 年雨量、気温等は中央気象台編、新日本気象台図帖 (The Climatographic Atlas of Japan) 1948. に従った。

以上の分類を基として各群($\bar{x}_1 \times \bar{x}_2$ —堆砂量)の関係を数量的に算出しようとした。しかし各群とも所属の点がかかり少く、統計的手段を用うるにはいさゝか不都合と考えられたが、日本発送電会社所属の貯水池で研究資料として採用し得ると考えられるものは目下のところこの程度の数であるので、結果として得られるものは「仮にかような研究方法をとればこういう傾向が存する」という目安を考えるに過ぎないものかとも考える。この前提条件の下に各群の最確値及び公算誤差を算出したがその結果は次の通りである。

- A 群 $y = 7x - 1101 \pm 148$
- B " $y = 12x - 472 \pm 76$
- C " $y = 12x - 109 \pm 50$

- D 群 $y = 9x - 247 \pm 90$
- E " $y = 12x - 123$ (点は2点のみ)
- F " $y = 7x - 339$ (")
- G " 計算不能
- H " $y = 17x - 190 \pm 234$

但し
 y : 堆砂量($m^3/km^2/year$)
 x : $\bar{x}_1 \times \bar{x}_2$

4. 結 論

上述のことを要約すれば貯水池の集水区域に或る種の岩石が広く分布しているから堆砂量が特に多いという訳でもなく、分布が狭いから堆砂量少いという訳でもない。即ち集水区域内の特定の岩石の分布率によ

表-3 各箇貯水池の集水区域の地質(岩質)地形、気象、地理的条件及び堆砂量
 Distribution percentage of miscellaneous rocks, topographical, meteorological, and geographical features and volume of sedimentation. ($m^3/km^2/year$)

貯水池名	集水区域の面積(1000 m^2)	堆砂量(1000 m^3)	堆砂率(%)	年間雨量(mm)	気 温 ($^{\circ}C$)			地 形		貯 蓄	所 属	所 属 地 方 名	備 考
					年平均	1 月	7 月	最高	最低				
A	小坂	679	25.0~32.0	5~11	-8~0	18~28	5.00	5.620	山	貯水池	北 陸	山	貯水池
	仙人谷	462	20.0~32.0	5~11	-8~0	18~28	8.60	30.00	山	貯水池	北 陸	山	貯水池
B	三浦	356	2000~2500	7~12	-4~0	20~24	1.80	2.780	山	貯水池	山 形	山	貯水池
	井島	527	1500~2500	8~14	-4~2	20~26	2.60	3.660	山	貯水池	山 形	山	貯水池
C	西	222	1500~2000	11~13	0~2	22~26	4.40	12.70	山	貯水池	山 形	山	貯水池
	津	176	1500~2000	11~13	0~2	22~26	2.50	12.70	山	貯水池	山 形	山	貯水池
D	十	177	2000~3000	12~17	-2~4	20~22	2.80	2.530	山	貯水池	山 形	山	貯水池
	若	462	2000~3000	12~17	-2~4	20~22	2.80	2.530	山	貯水池	山 形	山	貯水池
E	吉	36.0	1500~2000	11~13	0~2	22~26	5.00	1.340	山	貯水池	山 形	山	貯水池
	水	36.4	1500~2000	11~13	0~2	22~26	3.00	9.70	山	貯水池	山 形	山	貯水池
F	大	36.4	2000~3000	12~14	0~6	24~26	2.90	1.900	山	貯水池	山 形	山	貯水池
	水	36.4	2000~3000	12~14	0~6	24~26	5.20	1.740	山	貯水池	山 形	山	貯水池
G	神	192	2000~3000	6~10	-8~2	18~22	1.30	1.640	山	貯水池	山 形	山	貯水池
	利	1295	2000~3000	10~12	-2~0	20~24	4.00	1.760	山	貯水池	山 形	山	貯水池
H	利	1249	2000~3000	7~12	-4~0	18~22	2.00	2.760	山	貯水池	山 形	山	貯水池
	利	85	1500~2000	12~14	0~2	24~26	1.70	1.710	山	貯水池	山 形	山	貯水池

図-2 (a) 「集水区域が深成岩、半深成岩及びその変成岩類から成る貯水池群」と堆砂量との関係
 Mode of mountainland (reliefenergy times altitude) in the catchment areas which consist of more than 50% granite group and the volume of sedimentation ($m^3/km^2/year$)

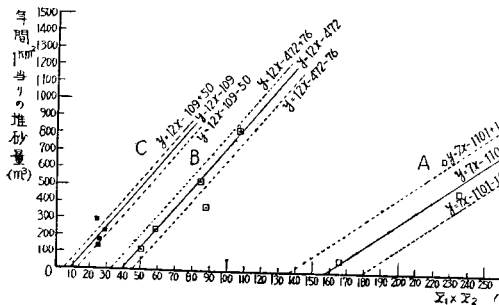


図-2 (b) 「集水区域が古期堆積岩類より成る貯水池群」の地勢と堆砂量との関係
 Mode of mountainland (reliefenergy times altitude) in the catchment areas which consist of more than 50% palaeozoic and mesozoic formations. (sandstone, calystate, shale, etc.) and the volume of sedimentation. ($m^3/km^2/year$)

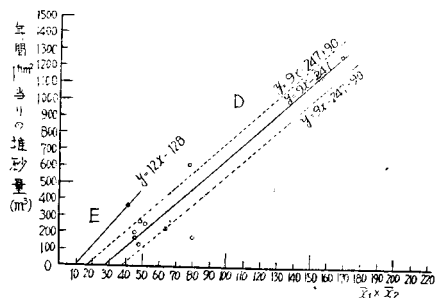
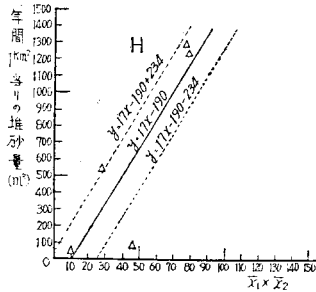


図-2(c) 「集水区域が深成岩、半深成岩、噴出岩及び新期堆積岩等各種岩より成る貯水池群」と堆砂量との関係

Mode of mountainland (reliefenergy times altitude)in the catchment areas which consist of the mixture of granite group, andesite and liparite, and tertiary formation and the volume of sedimentation. ($m^3/km^2/year$)



つて堆砂量が左右せられる程度は粘板岩、頁岩等の場合を除けば非常に低いようである。

次に堆砂量の大小と集水区域内の地形との間にはある程度積極的な関係があり、標高が高く、起伏量の大きい集水区域をもつ貯水池では土砂が多く堆積する。

同一種類の地質から成る集水区域を有する貯水池群では気象及び地理的条件を導入した上で「起伏量×高度」と堆砂量との間に或る種の定量的関係を見出すことが出来る。従つて上述の関係式を基として計画中の貯水池の堆砂量の推定を或る程度なし得ると思われる。

5. 附 記

以上の関係を基にして当社以外の機関に属し堆砂量既知の貯水池を取りあげ、その実測堆砂量と著者等の実験式から算出した推定堆砂量との間に如何なる差異を生ずるかを検した。即ち先ず地質、地理的条件、気象等の類似の程度によつて所屬する群を定め、ついで地貌の値 ($x_1 \times x_2$) を算出し、所屬群のもつ二元一次方程式を解いて堆砂量を算定したのである。検定資料としては表-4 に記載した二貯水池を使用したはその

結果は表-4 に示す如くである。

表-4 実験値と実測値との比較表
Comparison with experimental and observed value.

貯水池の地名	相模川堤	神奈川堤
貯水池の所在地	相模川	神奈川
貯水池の地質	関東山地	関東山地
貯水池の地質	相模川	相模川
貯水池の地質	D	D
実験値(堆砂量)	847	173
実測値(堆砂量)	316	360
推定値(堆砂量)	256	336
推定値(堆砂量)	180-333	297-376
推定値(堆砂量)	373	2086
推定値(堆砂量)	302	1952
推定値(堆砂量)	20-392	1708-2106

註 相模川堤の堆砂量は神奈川堤の実測値を参考に、神奈川堤の堆砂量は相模川堤の実測値を参考に算出した。

表-4 よりも判る如く両貯水池の実測値は何れも著者等の推定する公算誤差を含む確信の範囲内にあり、又推定最確値との差もあまり大きくはない。しかしこれは上記の二貯水池についてのみの場合であるから今後更に多くの貯水池を研究すれば又興味ある事実が判明することゝ思う。

前にも屢々述べた通り採用した貯水池の数も少く堆砂量、堆砂年数等にも正確ではなさそうなものが存在する。これらは今後調査の上、漸次訂正して行く心算である。従つて調査の進行と共に数値には相当の変化が起ることゝ思われる。

本研究を実施するに当り種々御援助を賜つた神奈川県電気局、中部配電長野支店、日本発送電本店及び支店土木部並びに支店土木課の方々に深甚な謝意を表します。更に本研究の有力な協力者であつた当研究室古橋浩一君が庄川筋において地質調査実施中殉職せられたことを併記し君の靈をなくさめるものである。

(昭. 26. 1. 22)

訂 正

36 卷 3 号登載の報文 "橋脚の振動を考慮せる単桁橋の強制振動" 中次のように訂正致します。

21 頁 (39) 式以後 g は ε の誤り。但し左段 7 及び 8 行目 (41) 式中の g はそのまゝ。
同頁 (47) 式以後 γ は r の誤り。但し γ_{1j} はそのまゝ。(編集部)

<p>土木・鉱山機械設計・製作・販売</p> <p>株式会社 越ヶ谷製作所</p> <p>取締役社長 近藤正巳</p> <p>常務取締役 奥山幸雄</p> <p>本社 埼玉県越ヶ谷町 1632</p> <p>電話 越ヶ谷 177</p> <p>工場 埼玉県越ヶ谷町</p>	<p>◎営業種目◎</p> <p>ブレーキジョウクラッシャー (10"×7" 16"×9" 20"×13" 24"×16")</p> <p>ダンデム型ロードローラー(ディーゼル, ガソリン各種)</p> <p>マカダム型ロードローラー(ディーゼル, ガソリン各種)</p> <p>特種型(ファイン型)製作中</p> <p>セメントガンB型, N型各種, ポータブルクラッシャー</p> <p>砕石プラント, 小型蒸気機関車, タンプカー, 鉱車ミキサー, ウィンチ, 其の他土木鉱山機械各種</p>
---	---