

濃尾用水犬山頭首工

—その特色と施工上の問題点—

木村久満*

1. ま え が き

長野県鉢盛山に源を発し、日本アルプスを水源とし延々 212 km、伊勢湾にその流れをそそぐ、流域面積 4 894 km²、計画洪水量 12 500 m³/sec、平水量 210 m³/sec の規模を有するわが国屈指の大河川木曾川。その中流部ライン下りで名高い愛知県犬山地点に築造された取水えん堤犬山頭首工は国営濃尾用水農業水利事業の要として昭和 37 年 7 月えん堤の竣工式を挙（本誌第 47 巻第 9 号ニュース参照）、すでにその事業の効果を部分的に発揮しつつある。

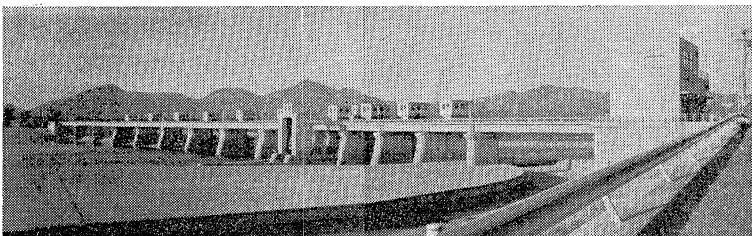
2. 事業の経緯

現在木曾川を水源として自然取水が行なわれている農業用水には上流側より木津、宮田、羽島、佐屋川の各用水と河口付近の逆潮利用がある。濃尾の沃野をうるおす上記の四用水はいずれも木曾川中流部に取水口を設けている。

しかし豊かな流れを誇る木曾川に水源を求めながら近時上流部の治山、治水事業、中流部の電源開発による流出土砂の減少、さらに中下流地区の河川改修や、河川生産物採取などのため中流部の河床は年々低下の一途をたどりつつある（ちなみに昭和 16 年に 100 m³/sec の流量で保った水位は昭和 30 年では 330 m³/sec の流量がなければ保たれなくなった）。

加えて流心変動もいちじるしく取入口や導水路が出水のつど埋没の憂き目を見ることは例年のことであった。

写真一 犬山頭首工全景（左岸下流より望む）



* 正員 明治大学教授 農学部（前 農林省濃尾用水農業水利事業所長）

このような悪条件から用水を確保するため、かんがい期には多数の労力と多額の維持費をもって応急の対策に努力してきたがその対策も限度に達し、方途も窮したため根本的な解決をはかるため木津、宮田、羽島の三用水を合口して人為的に取入水位を調節できる取水えん堤を築造すべきであるとの結論に達し、昭和 32 年 6 月総額 32 億 5 000 万円の特別会計地区として国営濃尾用水農業水利事業は発足した（現在の総工費は 37 億 4 200 万円）。

3. 事業のあらまし

愛知、岐阜の両県下 11 市 25 町村 22 070 ha（内沢田 20 492 ha、畑 1 578 ha）にわたる地域に最大取水量 52 m³/sec の用水を供給するため愛知県犬山市と対岸岐阜県鶯沼町の間全幅 420 m に取水えん堤を築造、標高 37 m に保たれた河水を両岸から取水する。

左岸側はえん堤に直角に取り入れ、現在の木津導水路を改良した延長 864 m の導水路を流下して本堤を横断する延長 54 m の暗きょ（取入水門）を経て、長さ 420 m の幹線水路末端に設ける射流分水により木津用水と宮田用水に分水する。

木津用水（通水量 18.46 m³/sec）は延長 11 670 m の水路改修によるろ水防止と合理的分水によって水量の節減をはかり、宮田用水（通水量 27.26 m³/sec）は分水後本堤に沿って西進し途中畑かん支線を分岐し新たに開削した延長 3 827 m の用水路を一路流下して既設水路に接続する。

右岸側羽島用水（通水量 6.63 m³/sec）はえん堤上流 850 m の地点に水門を設けて取水し、えん堤付近に設けられる沈砂池まで河岸に沿って導水し、トンネル、暗きょ、開きょ、計 10 053 m の新設水路を流下したのち既設水路に連絡する。

本事業の完成により減産防止を始めとして畑地かんがいによる増収、その他維持管理費の節減など多大な経済効果が期待される。

4. 犬山頭首工の規模 (図-1 (a), (b))

1. 位置：左岸 愛知県犬山市大字犬山
右岸 岐阜県稲葉郡鵜沼町小伊木 (国道
21号線名古屋一富山 犬山橋下流 1300
m地点)
2. 形式：両岸取水 一部可動せき、一部固定せき
3. 基礎河床状況：表層 砂礫層 3~7m 基層 珪岩
河川勾配 1/700
4. 堤 長：420m 締切延長 356m 取水せき延
長 64m
5. 取入水量：最大 52m³/sec
6. 水 位：取入水位 +37.00m 計画洪水位
+42.58m
7. 固定せき：低越流せき 延長 180m 高さ 3m
水たたき長 26m 護床工長 20m
8. 可動せき：延長 198m 6径間 水たたき長 40
m 護床工長 40~60m
可動せき制水門；越流型殻構造ローラー ゲート

純径間(m)×扉高(m)	30×4.5	30×4	30×2.5
数 量 (門)	1	3	2
巻上げ速度 (m/min)	0.3	0.3	0.3
扉 体 重 量 (t/門)	62.52	54.48	38.52
操 作 方 式	電動兼手動, 直接および遠方操作		
電動機出力 (kW/門)	11	11	5.5

9. 土砂吐：延長 33m 2径間 流路長 104m 護
床工長 56m
土砂吐制水門；ローラー ゲート
純径間(m)×扉高(m) 14×4.5
数 量 2門
巻上げ速度 (m/min) 0.3
扉 体 重 量 (t/門) 27.895
操 作 方 式 電動兼手動, 直接および遠方操作
電動機出力 (kW/門) 5.5
10. 魚 道：階段越流式 有効幅 6m 長 52m
勾配 1/13
魚道調節水門；フラップ ゲート
純径間(m)×扉高(m) 6×1.2
数 量 2門
扉 体 重 量 (t/門) 0.995
操 作 方 式 電動直接操作
電動機出力 (kW/門) 0.75
11. 舟 通：こう門式 有効幅 6m 長 20m

形 式	2段ローラー ゲート		スルー バルブ
純径間(m)×扉高(m)	6×4.8	6×5.2	0.7×0.55
数 量 (門)	1	1	2
巻上げ速度 (m/min)	1.0	1.0 (下部10cmは0.1)	0.3
扉 体 重 量 (t/門)	7.00	8.06	1.285
操 作 方 式	電動兼手動, 直接および遠方操作		
電動機出力 (kW/門)	5.5	5.5	0.7

12. 操作橋：曲線上路式鋼板合成桁 幅員 6.0m 延
長 420m
13. 左岸導水路：三面 コンクリート舗装 幅員 18m
延長 864m
14. 導水路余水吐：幅員 18m 延長 244m
導水路余水吐樋門；鋼製自動てん倒せき 1門
純径間(m)×扉高(m) 18×3.1 速度
起立(7分)てん倒(全負荷時)6分30
秒 扉体重量 (t) 16300
操作方式；あらかじめ規整した上流水位に達した
とき、自動的にてん倒し起立は押ボタン
による遠方操作
電動機出力 (kW) 15
15. 左岸取入水門：鋼製ローラー ゲート 3門
呑口幅(m)×高(m) 3.5×2.8
巻上げ速度 (m/min) 0.3
扉 体 重 量 (t/門) 3000
操 作 方 式 電動兼手動
電動機出力 (kW) 2.2
16. 右岸取入水門：鋼製ローラー ゲート 1門
呑口幅(m)×高(m) 6.0×1.15
操 作 方 式 電動兼手動

本頭首工は設計および施工に先立ち神奈川県平塚に所在する農林省農業土木試験場に委託し、犬山頭首工を中心とし上下流 10km にわたる木曾川の縮尺 1/100 模型を作成、砂礫の移動を主とした実験をかさね、土砂吐、左岸取入口など改良を加えつつ設計に対する確信を深め、昭和 33 年度仮設備 (骨材プラント、バッチャー プラント、ケーブル クレーン)、34 年度本工事着手、37 年度完成 (ただし右岸取入水門と左岸導水路 60m を除く) の運びとなった。

5. 犬山頭首工の特色と施工上の問題点

(1) 頭首工下流の堤防、護岸基礎を保護するため、流心を河川の中央に集中させる目的で図-1 (a) のとおり上流に向かって突出した半径 1000m の円弧状をなすせきとした。

問題点：① 基礎工、脚柱、水たたき、壁などの位置を出すのは測角、測距によるか川幅 420m の両岸を基点とする測量には相当苦心した。

② 制水門や戸当りと脚柱との取りつけは直角とならず、そのため心出しやすえつけに予想外の困難がともなった。

③ 操作橋橋体架設にあたり上下流側の形状不一致と高欄、地覆部の曲線設置には特に留意した。

(2) 河川横断面の現状にあわせるため、可動せき部の敷高を右岸より左岸に順次階段状に低下させる複合断面方式を採った。したがって制水門の高さのみお筋に当る 4.5m を最高として 4.0m、2.5m の 3 種類とした

図-1(a) 犬山頭首工一般図

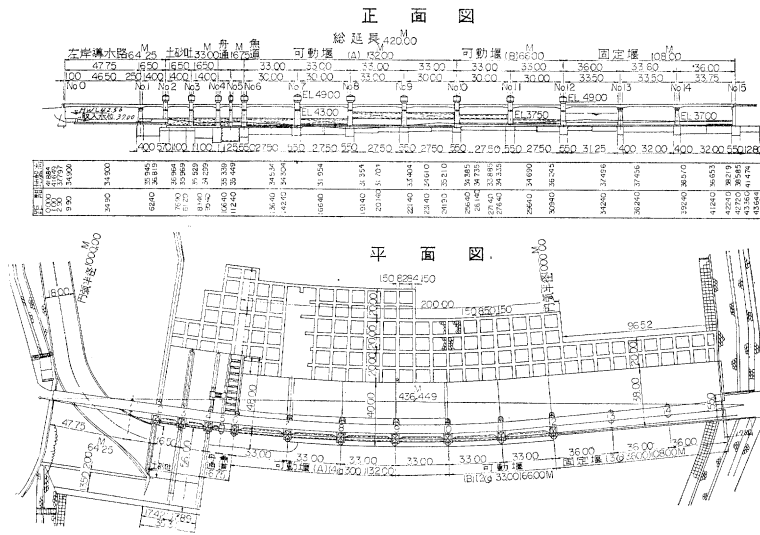
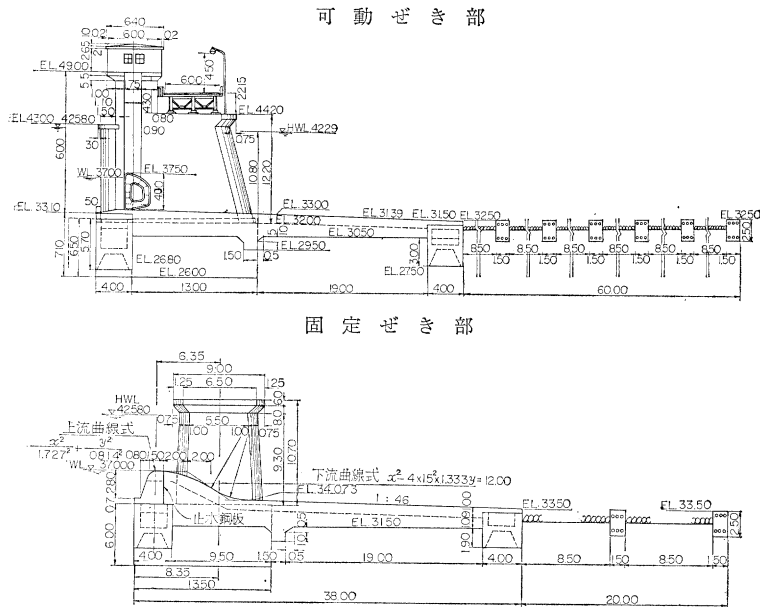


図-1(b) 犬山頭首工断面図



〔図-1(a)〕

(3) 取水方式は兩岸取水としたが、右岸側は固定せき付近に砂礫が堆積すると予想されるためえん堤上流約800m付近のみお筋に露出する岩盤に取入口を設ける。

左岸側は土砂吐の直上流から直角横方向に開口するベルマウス取りつけとし、木曾川高水敷を約911m開きにより導入して本堤を横断する暗きょ構造の取水水門を経て堤内幹線水路に続くが、河川敷内に設けられたこのような導水路はわが国でも初めての試みであり、木曾川流量4000m³/sec程度でこの水路は完全に水没し、そのため水路内へ流入すると考えられる土砂についての対策

はつぎのとおりである。

① 取水水路の上流側低水護岸に3割2分の勾配をつけ流水を静流にして、土砂の流入を防ぐ(写真-2)。

② 導水路内に流入堆積した土砂は取水水門前に設けられた余水吐ゲート(18m×3.1m)でん倒せき)をてん倒させ、1/480の水路底勾配をもって一気に本流まで排除する(写真-3)。

(4) 土砂吐の能力を高めるために設けた導流壁は、上流側で右側が天端 EL. 36.00m、中間壁天端 EL. 35.50mであり、土砂吐全開時には壁は水面上に現われる。水位が取水計画の37.00mまでせき上げられると完全に水没するので左横方向から取水するのになんら支障はない(写真-4, 5)。

また取入口敷高は、土砂吐敷 EL. 33.00mより2.0m高く EL. 35.00mとし導水路内への土砂流入を阻止した。

(5) 脚柱基礎および水たたきの上下流端に高さ2.50~10.80mの潜函計62基を沈設し、それぞれ基岩に50cmくい込ませて定着させ、継手潜函56基により連結し二重の完全な止水壁とした。

問題点 ① 潜函の刃口先1mはA種コンクリート(単位セメント量=312kg, $\sigma_{28}=250\sim300\text{kg/cm}^2$)で躯体を打設した

が、打設7日後に沈下を始め一部きれつを生じた例があった。

この対策としてコンクリートそのものの配合をさらに良質なものにするか、あるいは刃口の構造を改良するかの択一になるが、刃口の鉄シュエを強固なものに改めるとともに爆破に起因する沈下を急激に躯体に影響させないように入念な施工を心がけるべきであると考えた(刃先1m分の躯体鉄筋量は概略50~75kg/m³で、刃先保護としてL-150×150×12を採用した)。

② 沈下完了後の作業室中埋めコンクリートは潜函作業室内の完全な充填を目的とするものであり、幅5.60

写真-2 左岸側取入口付近(土砂吐, 上流を望む)

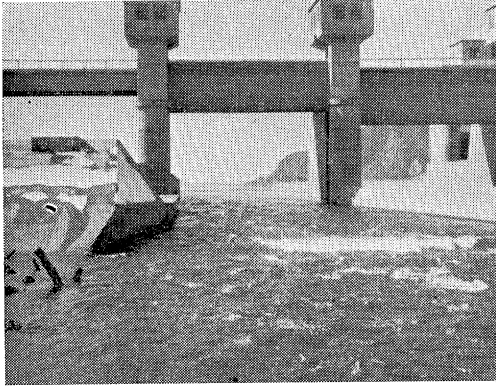


写真-3 左岸導水路
(余水吐ゲート(てん倒中)を下流より望む)

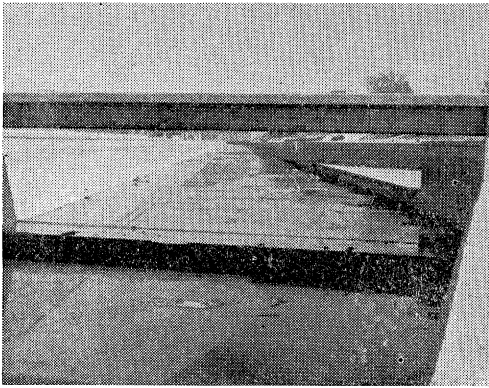
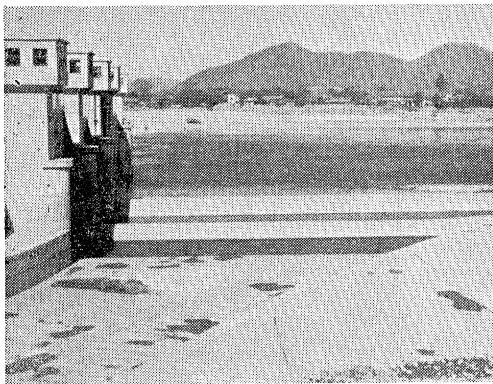


写真-4 左岸取入口付近より見た土砂吐導流壁



m, 長さ 17.30 m の脚柱潜函に対し中央部 1 個の立管(シャフト)によって室内全体に完全な填充を望むのは至難である。できるだけ立管の数量を増して, 立管 1 個当りの負担を軽減し, 適正なスランプを有するコンクリートを適当な落下高を保って投入することが望まれる。

③ 沈下のための掘削にともなう排土設備として, 鳥居式, 三脚デリッキなどを使用した鳥居式では潜函の限られた一方に排土するため潜函躯体に偏土圧を生じ, 躯体が傾斜あるいは横移動する原因となった(写真-6)。

写真-5 左岸取水中(水汲した導流壁)

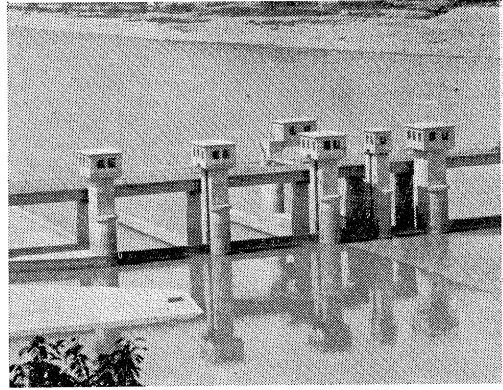
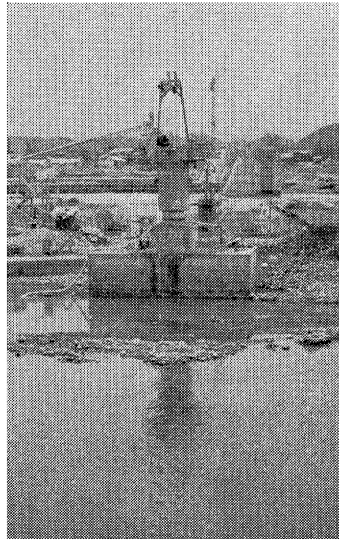


写真-6 潜函の沈下作業
(鳥居式排土設備)

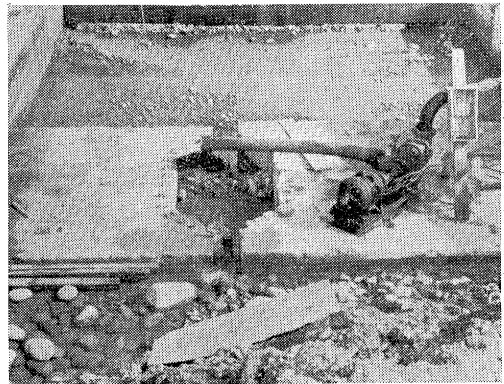


三脚デリッキを使用すれば問題ないが鳥居式を採用する場合偏土圧の原因をつくらないように, 排土のつどただちに別途捨土できるように計画すべきである(写真-6)。

④ 継手潜函は内部作業の困難性から弱点となりやすいので継手間隔はできるだけ小さくするのがよい(本工事では 0.30 m), (写真-7)。

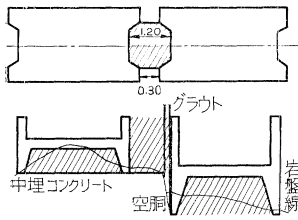
■本現場のように基礎岩盤がはなはだしく不陸で相隣る潜函の刃先に 2 m も差がある場合, 各潜函を継手で接続して一体の止水壁として完全な止水目的を達するには, 潜函沈下によって生じた躯体側壁と岩盤あるいは土

写真-7 下流側止水潜函の継手部



粗骨材の最大寸法	スランプの範囲	空気の範囲	単位水量	単セメント量	単鉄粉量	水セメント比	絶縁体細骨材率	単細骨材量	単粗骨材量	単AE剤量	備考
40 mm	7.5 cm	4.0%	137 kg	312 kg	50 kg	44%	38%	714 kg	1 165 kg	1.56 kg	AE剤はポツリス No. 5

図-2 潜函継手



砂との境にできた空洞をコンクリートで完全に閉そくしなければならないが、これを継手中埋めるとき施工することはむずかしい。このため、本現場ではあらかじめグラウト用のパイプを継手に埋設し(図-2)、中埋めコンクリート打設後、モルタル、セメントミルクの圧入を試みたが、施工の困難性と、有効性に疑問をもち中止した。

(6) 洪水時砂礫の流下により固定せき越流部および水たたきのコンクリートが磨滅するのを防止するためコンクリートに真空処理を施した。

掃流式(供試体表面に急速な流水を6時間作用させる)磨滅試験を行なった結果、普通コンクリートにくらべAEコンクリートは耐磨耗性があり、さらにAEコンクリートに真空処理を施せばいぢるしく耐磨耗性が増大することがわかった。

問題点 ① 処理するコンクリート部材の寸法、配合などにより処理方法(真空度、時間)を変えて適正な処理を施すことは、でき上りコンクリートの強度増進や表面仕上げに好結果をもたらす。

②真空処理を行なうことにより早期表面強度は期待できるが、そのためには普通コンクリートより以上の善良な養生管理を必要とする。

(7) 土砂吐水たたきの表面(厚さ0.5m)は砂礫による磨耗、減損を考慮して従来の鉄板張りを廃し上表のような配合の鉄粉コンクリート(通称)を打込みさらに(6)の真空処理を行なった(当所試験室における実験結果によれば、おおむね普通コンクリートの耐磨耗度(すりへり重量/供試体試験荷重量)は1.2%程度であるが、鉄筋コンクリートの場合0.9%程度であるが、決定的な差はないと思される)。

問題点 ① コンクリートの表面硬度を増すものとしては塗布剤、散布剤などの商品が市販されており、本工事に使用した鉄粉の類にしても、研磨材であるショットブリットなどがあげられるが施工難易と経済的見地より鉄材研磨工程の産物で3mm以下の粒度をもち比重4.4~5.0のものを使用した。

②普通コンクリートに鉄粉を混入するとスランプが小さくなるので鉄粉コンクリートの示方配合は試験練りを行なって決定する。

(8) 舟通しはこう門式であり、犬山鵜飼で使用する

鵜舟4隻同時に入こうできるような規模とし、従来は写真-8 こう門式舟通し(下流側より望む)

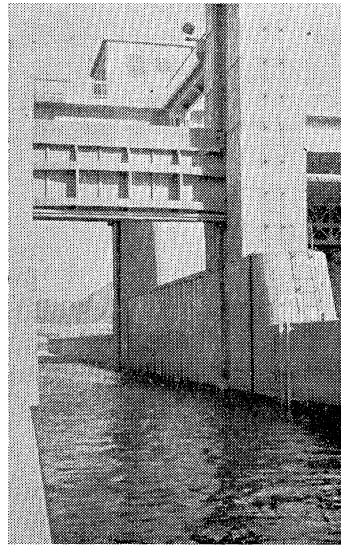
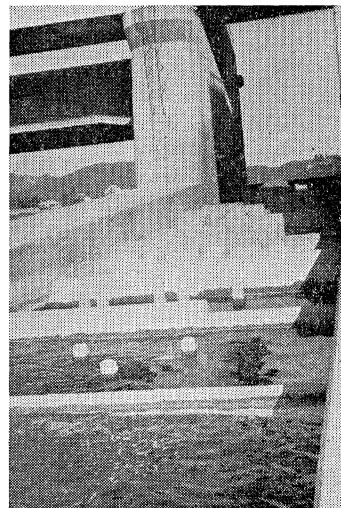


写真-9 魚道



早瀬をひき舟で溯上したが、わずか12分間で安全な通過が約束された(写真-8)。

(9) 幅員2mの操作橋を地元犬山市および鵜沼町の要請により幅員6mに拡張、工費は振りわけとし、道路橋兼用とした(写真-1参照)。

(10) 制水門の操作は、直接操作室ならびに左岸側に設けた遠方操作室にそれぞれ取り付けられた操作盤により平時は全水門同時運転できる。なお不事の際は予備のディーゼル発電機を始動し任意の3門を同時運転できる。

6. あとがき

犬山頭首工はいま国宝犬山城と相並んでその偉容を木曾の清流に写している。

着工以来3年有半、伊勢湾台風、36.6集申豪雨、第2室戸台風、14号台風と相つぐ災害を乗切り、乗越え15億5600万円の巨費と終始最善をつくし真鍮な努力を続けた労力は見事に結集し一部通水の喜びを味わった。

350年前始めて開削された宮田用水や羽島用水も新たに生まれかわろうとして日々その姿を整えつつある。

そしてやがて来るべき爽りの秋には濃濃の平野を豊かな黄金の波でおおい、つくすことを約束して報告を終える。

(1963.2.18・受付)