

4. 「重力式ダムにおける下流面導流壁の種類と発展の経緯」

執筆者：川崎秀明

【キーワード】 重力式ダム、堤趾導流壁、導流壁なし、明治大正期、階段減勢、側水路式減勢

【概要】

重力式ダムにおいて、堤体下流面の導流壁は必須であるように思われがちであるが、導流壁の無いダム事例もある。そこで「堤趾導流壁とはどのように発展してきたのか？導流壁の種類と機能は何か？導流壁の使い訳はどうするのか？」等について、歴史的な観点も踏まえて判りやすく整理してみた。

(1) 下流面に導流壁のあるダムの姿

越流堤から流入した水脈は、導流壁によって減勢工に導流され、減勢された上で下流河川に放流される。近年のほとんどの重力式ダムは、下流面に導流壁が有しており、その直下流に減勢池を有している。

現代の減勢方法の主流は、副ダムを設けて水叩きに跳水を形成させて強制的に減勢する副ダム付き水平水叩きであり、**図1**の写真①のゲートありの中央正面越流式と写真②のゲートなしの中央正面越流式が標準的な導流壁と減勢工の組合せである。また、近年採用例が多いのが堤趾導流壁であり、写真③のような全面越流・堤趾導流壁タイプでは、導流壁に沿って階段状の小減勢が連続し、若干減勢された水脈が減勢工に流入する。最近は写真④のように多種組み合わせで、減勢池を最小限とした事例もあるが、その場合の導流壁は減勢機能をかなり受け持つことになる。



写真：関東地整

①ハッ場ダム（関東地整）2019年完成、堤高113m



②栂川ダム（香川県）2023年完成、堤高88.5m



③平瀬ダム（山口県）2023年完成、堤高73.0m



④横瀬川ダム（四国地整）2019年完成、堤高72.1m

図1 導流壁のあるダムの下流面 現在は導流壁があって当たり前 写真②④：安河内孝氏

(2) 導流壁の無い下流面から導流壁のある下流面への変化

国内ダムの場合、明治大正期までは下流面に導流壁を設けないダムの方が多かった。図 2 上に事例を示すが、立ヶ畑ダムは、中央正面越流タイプだが、1914 年嵩上げ後も導流壁を全く設けていない。小ヶ倉ダムは右岸堤趾に小さな防護壁を有しているのみで、上田池ダムに至っては、自由な拡散減勢を意図しているかのようである。これらのダムは表面が石積みであるため流下時の減勢に対して有利でもある。

導流壁を設けた事例を図 2 下に示すが、国内最初の本格適用は 1924 年完成の大峯ダム（国内初の表面コンクリートダム）であり、現在多い全面越流＋堤趾導流壁の組合せであった。千苧ダムも右岸側に防護目的の導流壁を有しているが、左岸側には導流壁は無かった。一方、海外ではコンクリートダム草創期の 1870 年代以降、下流面に導流壁の無いダムが主流であったが、20 世紀初頭には図 2 下に挙げた英国ダムのように全面越流＋堤趾導流壁の組合せも見られるようになった。なお、この頃の導流壁は、地山や周辺施設に対する防護壁の役割が主であり、現在の水脈を減勢させながら減勢池に導くという役割はまだ無かった。

導流壁なしとする理由として、下流面上で拡散した方が流下エネルギーは急激に減少することがある。つまり、越流頂から放流された流水は、横に拡がると急速に減勢され、水脈の幅はそれほど拡がらない。一方、導流壁で拡散を狭めても流下エネルギーの低下は余り見込めない。明治大正期のダム水理の第一人者であった中島鋭治は、このような水理学的観点から石積み下流面での減勢を重要視し、導流壁は防護壁として必要のある箇所のみに限っている。

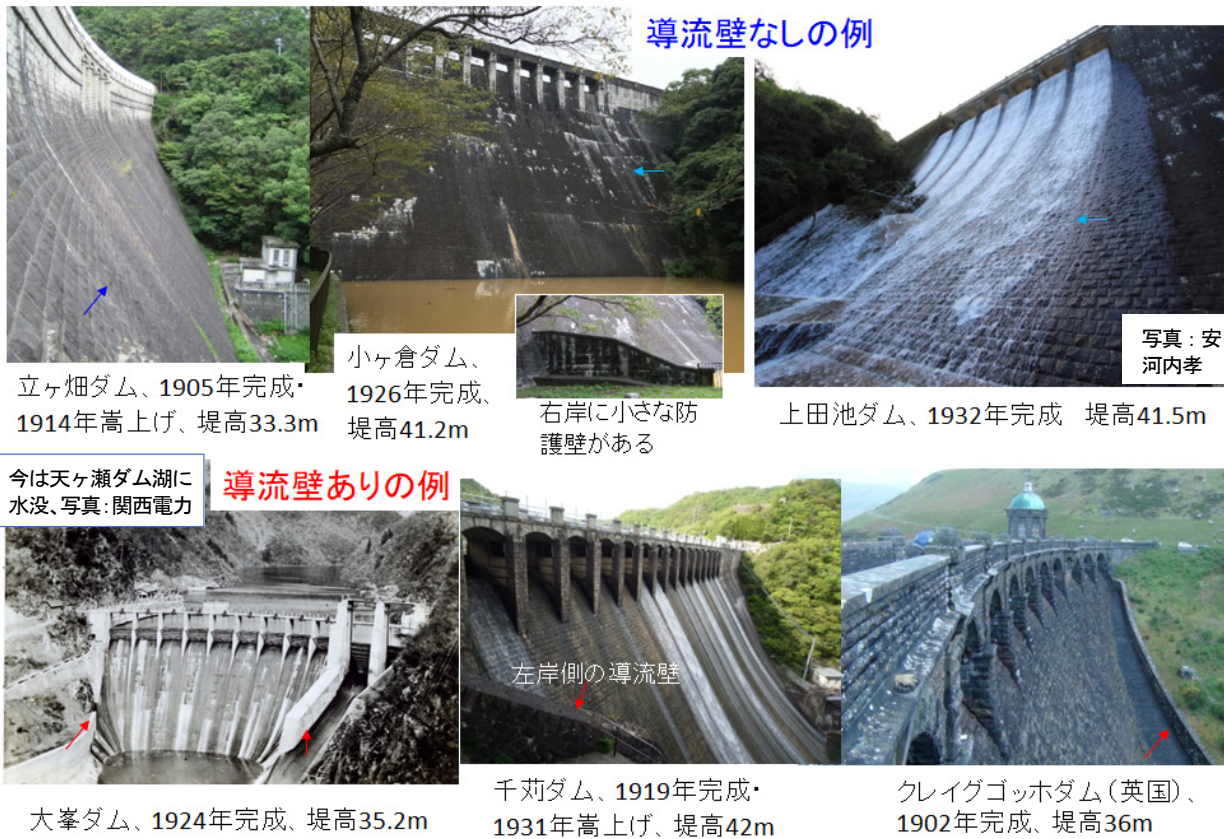


図 2 明治・大正期の導流壁ありなしの事例

しかし昭和期になると導流壁を設けるダムが多くなり、図 3 の塚原ダムのように中央正面越流タイプでも導流壁を設置するようになった。

導流壁普及の背景として、型枠技術の進展によって下流面への導流壁設置が容易になったとともに表面減勢のあまり見込めないコンクリート表面ダムが多くなったことがあり、その他、副ダム設置による跳水式減勢が多くなったことで副ダム幅の減勢池に正確に水脈を導く必要が高まったこと等が挙げられる。



図 3 塚原ダム 1938 年完成

(3) 下流面に導流壁の無い現代事例

前述のように、昭和期以降の重力式ダムは、導流壁設置が大半となったものの、近年は導流壁の規模が大規模となることが多く、このために工事費増が負担となる例も目立つようになっている。ただし、近年でも、導流壁を設けない事例が以下のように稀にある。

1) 吉野瀬川ダムの例（福井県、建設中、堤高 58m、図 4）

吉野瀬川ダムは導流壁のない最新例である。昨年現地見学をさせてもらった時にそのことに気づいて、後述の湯免ダムの事例を県の建設事務所に教えて、当ダムの一大特徴として宣伝すべきだと助言した。

水理的なメカニズムは、図 4 に示すように「中央正面越流に対して堤趾導流壁が堤趾部に広めに配置されているので、流下水が多少拡散しても減勢工内に収まる。」ということである。なお、先行の湯免ダムの流域面積 1.93km² と比べると当ダムは流域面積 24km² と一桁以上大きく、堤高も 12m 大きいので、対象流量や落差エネルギーの点でより画期的である。反面、より高度な水理的な詰めも必要である。

2) 湯免ダムの例（山口県、2005 年完成、堤高 46m、図 5、図 6）

湯免ダムは導流壁のない先行例である。20 年ほど前に当県の OB が湯免ダムの導流壁をなくした経緯を話してくれたが、「標準的な設計では導流壁が大きくなって費用がかなり増大した。景観上もスッキリした洪水吐きにしたかった。このため、水理模型実験を行い、土研等とも相談した上で導流壁を設置しない設計とした」とのことであった。技術力の高さを誇る同県らしい苦心談である。ちなみに、吉野瀬川ダムの設計会社は湯免ダムと同じであり、湯免ダムのノウハウが吉野瀬川ダムに活かされている。

今後のためにあえて言うが、設計条件が合えば、導流壁なしを積極的に検討すべきである。その条件として「越流水深が大きくない、側水路式減勢工を設ける余地がある、漸縮型ではない、周辺に防護すべき施設が無い」等が考えられる。また、導流壁なしの設計時には「側水路式減勢工の幅に余裕を持たせる、設計時に水理模型実験で確認する」等によって安全性を担保しておくことも必要である。



図 4 吉野瀬川ダム（建設中） 出典：吉野瀬川ダムパンフレット

湯免ダム (ゆめん) (2005年完成)

重力式コンクリートダム、
堤高42m、山口県管理

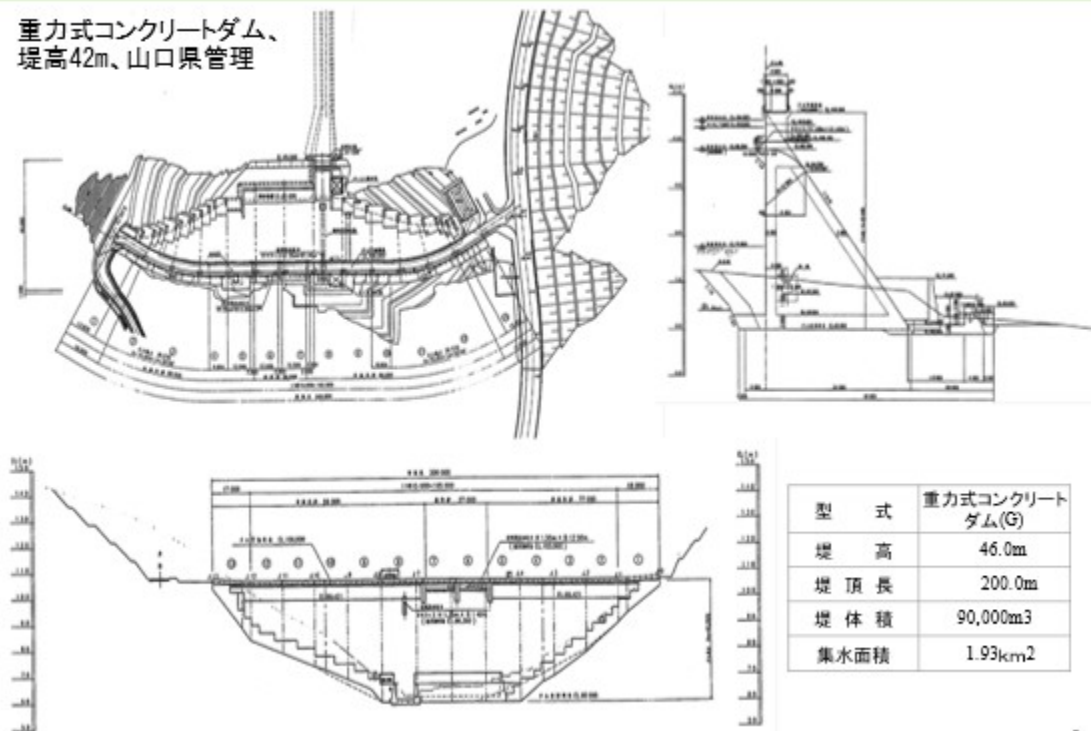


図 5 湯免ダムの平面・下流面・横断面図

湯免ダム

DAM-DATA

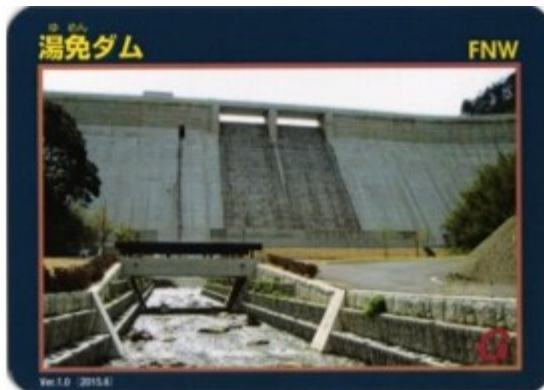
所 在 地：山口県長門市
河 川 名：三隅川水系 辻堂川
型 式：重力式コンクリートダム
ゲ ー ト：フレスト ゲートレス×2門
 リフリス ゲートレス×1門

堤高・堤頂長：46m・200m
貯水容量：74万m³
管 理 者：山口県
完成・起工：2001年・2007年
URL: <http://www.pref.yamaguchi.lg.jp/mw/2007/06/01/01/>

QRコード

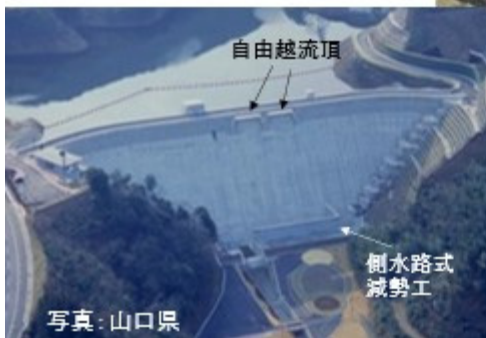
ダム周辺には、遊歩道がある「湯免山のふもとセンター」や公園の遊具、遊歩道、展望台の設備があります。また、湯免山のふもとセンターには、パンダのふもと、ヘイボロム、パンダのふもとがあります。

このQRコードは、湯免ダムを管理するための、湯免山のふもとセンターのQRコードです。また、湯免山下流に導流壁のない形状をしています。



下流面に導流壁のない形状
写真：山口県

ダムカード



写真：山口県



図 6 湯免ダムの下流面の状況

(4) 2種類の堤趾導流壁による導流減勢方法

1) 階段減勢機能付き堤趾導流壁

「全面越流+堤趾導流壁」の組合せは、前述の大峯ダム等の古くからある洪水吐き形状だが、近年のものはゲートレスの「全面自由越流+堤趾導流壁」であり、堤趾導流壁には斜面階段状の堤趾導流水路の水脈を減勢させながら流下させて水叩きに流入させる減勢の前さばきの役割がある。水叩きに流入した水脈は、副ダムを設けた水叩きにおいて跳水を形成させることで強制的に減勢される。

この現代の「全面自由越流+堤趾導流壁」の最初は、図7に示す1982年完成の東山ダム（福島県、堤高70.0m）であり、全面越流による薄い水脈で流下させることで堤趾導流壁の減勢効果を高めることができる。また、ゲート非設置、減勢工の負担減、越流水深減による堤高の減等によって、コスト縮減を図ることもできる。堤趾導流壁のコストが高くなるとコスト縮減効果は少なくなるが、当ダムの堤趾導流壁の高さは低く頭部に設置される波返しも小規模であり、工事費もそれほど大きくなかった。

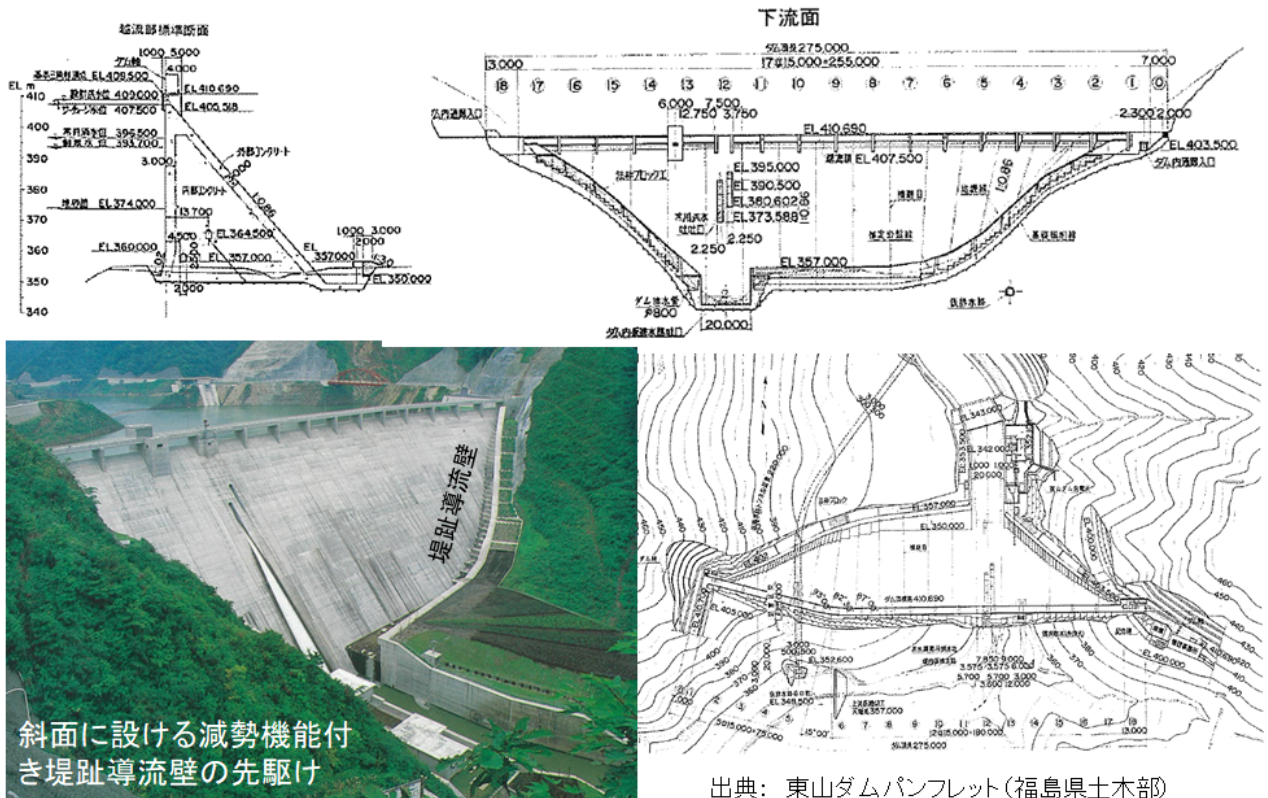


図7 階段減勢機能付きの堤趾導流壁の先駆け（福島県・東山ダムの事例）



図8 側水路減勢機能付きの堤趾導流壁の先駆け（福井県・龍ヶ鼻ダムの事例）

2) 側水路式減勢工としての堤趾導流壁

中央正面越流による流下水の減勢方法として堤趾導流壁が中央部だけにある側水路式減勢工がある。前述の階段減勢機能付き堤趾導流壁が全面自由越流への対応であるのに対して、中央正面越流の流下水を直角に受けて減勢し側水路として減勢池に導くという役割がある。

側水路式減勢工の最初は、**図 8**に示す龍ヶ鼻ダム（福井県、1988年完成、堤高 79.5m）であり、当方式は、堤趾導流壁による導流減勢を中央部だけにして側水路勾配をほぼ水平にし、減勢効果を最大限に発揮させたものと位置付けることもできる。斜面上に堤趾導流壁を設けないので施工も容易である。

なお、前述(3)の下流面に導流壁の無い方式は、側水路減勢工方式が進化したものと捉えることもできる。そう考えると、吉野瀬川ダムの下流面に導流壁の無い方式は、福井県の龍ヶ鼻ダム→山口県の湯免ダムを経て同県に戻って発展した方式であると言えそうである。

(5) 沖縄北部ダム群の事例

図 9は沖縄北部ダム群のうち重力式コンクリートダムの洪水吐きを建設順に並べたものである。これを見ると導流減勢の方法として、中央部の越流頂から副ダム減勢への直線直下の導流（新川ダム）、漸縮型導流壁と堤趾導流の併設（安波ダム、漢那ダム）、両岸堤趾導流壁（普久川ダム）、1ブロック内に漸縮幅を拡げた漸縮型導流（大保ダム）等が採用されており、それぞれの使い分けを垣間見ることができる。

なお、筆者が重力式ダムの洪水吐き設計に直接携わった大保ダムでは（2000年頃）、非越流部の標高がフィルダムである大保脇ダムから決まるので、非越流部標高を変えずに大保ダムの越流水深を大きくすることができ、それまでの全面越流から中央2ブロック幅の正面越流に変更した。その結果、堤趾導流壁を無くすことができ、さらに1ブロック内の漸縮形を入れて減勢工をよりコンパクトにすることで洪水吐き設計を終えたが、今回思い返すと、下流面に導流壁の無い方式も可能であったと思う。

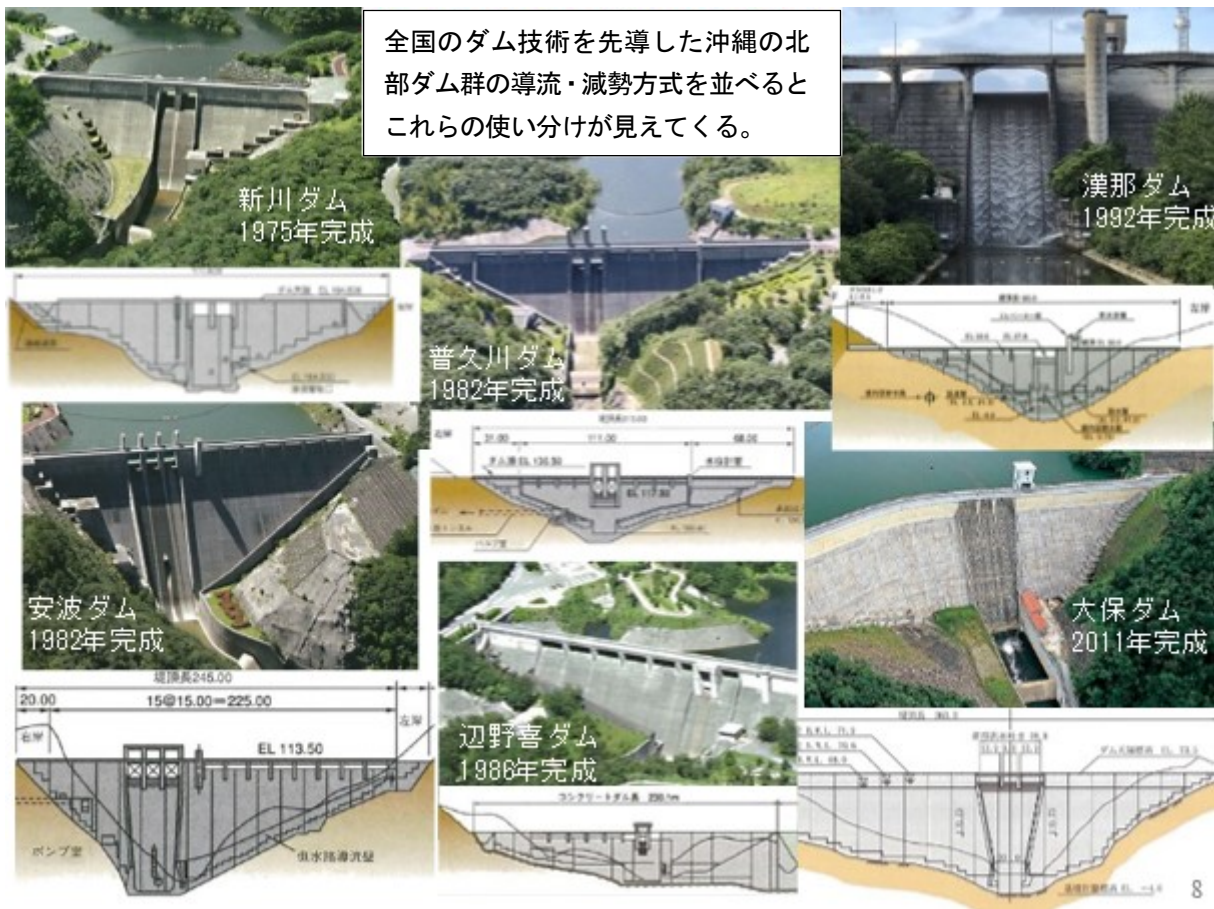


図 9 沖縄の北部ダム群における導流・減勢方式の進展