講義資料/水環境計画ー上水道計画(1)

	上水道計画(1)：施設規模の設計，浄水処理技術 **上水道施設の概略，施設規模設計のための基本量，東京の水道を例に** **絶対にこれだけはマスターしよう：近代水道とは，有効率，負荷率，計画１日最大給水量，時間係数，計画時間最大給水量，凝集-急速ろ過，緩速ろ過**

設計諸元

計画一人一日平均使用水量，計画一人一日平均給水量，計画一人一日最大給水量，計画有効率，計画負荷率の定義と実際の大きさのオーダーを学ぶ。また，水の使用量の積み上げによる一人一日使用水量の内訳を講義する。また，施設の設計に必要となる時間係数，計画時間最大給水量について学ぶ（教科書 78～80 ページ，92 ページ）。

有効率・・・・水道で漏水などで失われる量を除いた有効に使われる水量の割合
計画１日平均給水量・・・計画１日平均使用水量を有効率で除して求める。
負荷率・・・・夏冬など季節の需要の差を調整するパラメーター（教科書の記述は不明確，時間係数とごっちゃになっている）
計画１日最大給水量・・・計画１日平均給水量を負荷率で除して求める。取水，浄水，配水池に流入するまでの設計に用いる。
時間係数・・・・１日の中での需要の差を調整するパラメーター
計画時間最大給水量・・・計画１日最大給水量に時間係数を乗じて，１日を時間に変換する為に 24 で除して求める。配水池より後部の配水施設の設計に使用
取水，浄水，配水，給水の一連の流れを講義する。東京都の上水道の発展についてビデオを見る。

浄水

凝集，沈殿，急速ろ過，消毒の一連の浄水場の処理フローを学ぶ(教科書 98 ページから 114 ページ)。また，緩速ろ過についても学ぶ。

上水道まとめ

上水道の水源には、河川水などの**表流水**および**伏流水**と、**地下水**とが考えられる。わが国においては、水源依存度としては表流水が 70%、地下水が 25%となっている。一般には、表流水はいろいろな汚染物質を含むのに対し地下水は比較的清浄な状態を保っており、消毒のみの浄水プロセスで給水されることもある。しかし、近年は、農業地帯では、肥料に由来する**硝酸性窒素**が、また工場から地下浸透したと思われる**トリクロロエチレン**などの有機塩素化合物が比較的高濃度で地下水に含まれることがあり、地下水といえども水質問題がないとは言えない。以前、インドの西ベンガル地方、バングラデッシュの一帯で、衛生性の向上のため表流水を止めて地下水を飲もうというキャンペーンが国際機関の井戸掘り援助とともに実施された。これにより確かに伝染病は減少したが、反面、地下水位の変動とともに地盤中の**ヒ素**が地下水と一緒に汲み上げられ深刻な健康被害を現在生じている。わが国においても旧日本軍が

廃棄したとされるヒ素化合物による地下水汚染により深刻な健康被害が今年明るみに出た。

上水道のもともとの目的は、衛生状況の改善（水系伝染病のコントロール）にある。水系伝染病として猛威を振るった赤痢やコレラの罹患率の減少は、水道の普及によってもたらされた。途上国では、いまだに伝染病は大きな問題である。

消毒のみで供給できるような清浄な原水を持つ場合を除いて、わが国では、**緩速ろ過法**か**急速ろ過法**によって浄水されている。緩速ろ過法では、溶解性の汚れも微生物の力を借りて取り除くことができるが、懸濁性の汚れが多いと適用できず、またろ過速度が急速ろ過の 1/20 以下と小さいことから用地上の制約もあって今日ではわが国では新規に採用されることはほとんどない。一方、急速ろ過では**凝集**という操作によって薬剤を用いて水中の微細な濁質を沈殿し易くして、120m/d 以上の速い速度で砂ろ過することによって浄水する。急速ろ過では濁質以外の溶解性の成分はあまり除去できない。緩速ろ過について，本ページをご覧いただいた信州大学の先生からご意見をいただきました。ありがとうございます。

水源として湖沼などから取水する場合には、藻類の異常繁殖に起因する異臭味が水道で問題となる。また、農薬など溶解性の成分は、急速ろ過ではあまり除去できない。異臭味等を暫定的に除去する方法としては、活性炭をろ過前に添加する方法があり、また、高度処理恒久的施設としてオゾン酸化ー活性炭ろ過法などがある。また、水道では、消毒は必須のプロセスであるが、消毒に用いる塩素と上水中に残った有機物が反応して**トリハロメタン**類などの有機塩素化合物を生成する。トリハロメタンは原水にもともと含まれていない化合物で浄水過程で生じてものであるから、水道関係者に与えた衝撃は大きかった。消毒を止めるわけにはいかないので、消毒をする前にできるだけ有機物を減らすことがトリハロメタン対策であり、オゾン処理はトリハロメタン生成抑制のためにも用いられる。

取水から浄水、配水池までの施設は、**一日最大給水量**(400L/d 程度)をもとに計画される。一方、配水池から先の配水管は**時間最大給水量**で設計する。すなわち、夜の間に浄水した余分な水を配水池に蓄えておき昼間のピーク時の負荷を分担するという考え方である。管路の設計は、最小動水圧が 20m 程度で従来設計されていたが、3 階以上の建物へも直結給水していこうということで近年引き上げの方向である。一方、最大動水圧は、50m 程度で設計する。この値をあまりにも超えると漏水などが増加し不経済である。また、火災時には消火用水を供給する必要があり、消火用水を供給している場合でも正圧を維持する必要がある。消火用水はかなり大きく、管路が長く細いと損失水頭の変化が大きくなるため、管路の設計には、それほどの自由度がない。かといって、太い管を埋めることは経済的でなく、また溜まり水の増加による水質の悪化もあるので、管路が長かったり給水区が広い場合には、管路の途中に圧力を調整する仕組みを設ける必要がある。管路の設計には、ヘーゼン・ウイリアムス公式などをよく用いるが、皆さんが良く知っている**マニング式**を用いても良い。**配水設備**から分岐して各利用者が設置する部分を**給水設備**という。

越生町のクリプトスポリジウム事件（越生町作成の資料より転載）

１． はじめに

越生町水道事業は，昭和 40 年に簡易水道としで事業の創設認可を受け，昭和 44 年，簡易水道を上水道に変更し，給水区域の拡大を図った。その後，給水需要の増加に伴い給水区域の拡大，水源の確保等の数次の変更認可を受け，平成 4 年度には県水の受水を開殆した。

水源は，第 1 水源の越辺川伏流水（許可水量 3,369m³／d），第 2 水源の黒山湧水（500～700m³／d），更に不足する部分を利根川表流水を水源とする埼玉県企業局の県水で補っている。町水の浄水方法は急速ろ過方式である。越辺川では，川床下 3m に布設された直径 800mm，延長 24m の多孔管から伏流水を着

水井に導水し，前塩素及び擬集剤（PAC）を添加し，混和・フロック形成池から傾斜板沈殿池にて懸濁物質を沈殿・除去後，急速ろ過池でろ過し，浄水池に送られる。黒山湧水は，浄水湯の上流約 4km で取水し，管路にて浄水揚まで導水し，別系統で同様に浄水処理し，浄水池で合流する。浄水は，浄水池で塩素消毒し，配水池に送水し，自然流下で一般家庭に給水している。

２．クリプトスポリジウム事件

平成 8 年 6 月 10 日，教育委員会から下痢・腹痛等の症状で，町内 3 小中学破の児童生徒が多数欠席しているとの報告があった。当初，集団的な風邪（感染性胃腸炎）ではないかと思われたが，集団食中毒の疑いもあるとして，咽頭スワプ，検便，関係施設等の拭きとり検査，給食食品等の検査を実施したところ腸管出血性大腸菌 0－157 を含む食中毒菌，病原性細菌及びウイルス等は検出されなかった。

その後，時間の経過と共に一般家庭でも同様な症状が．続出し，全町的な様相を呈していることから，共通事項として水道水が原因ではないかとの疑いがもたれた。水道水は上水道であり，水道法第 22 条に基づく衛生上必要な措置として規定されている給水栓の遊離残留塩素は 0.1mg/L 以上が保持されていることから塩素消毒に強いものは何かを考え，原虫の検査を実施したところ，埼玉県衛生部から患者の便及び水道水からクリプトスポリジウムが検出された旨の連絡を受けた。

今回の事件は，水道水中にクリプトスポリジウムが混入したことによるものであり，越生町の住民約 13,800 人を対象に実施した状況調査によれば回答者 12,345 人中下痢等の症状があった町民は 8,812 人（71.4%）で，水道水を原因とした広域な事件としては，全国で初めての事例となった。

汚染が拡大した原因としては，浄水湯上流で越辺川に放流される農業集落排水の処理水と水道水との間で，便を介してクリプトスポリジウムが循環増殖系を形成してしまったためと推察されるが，クリプトスポリジウムが，町外住民の町内観光施設の利用によって持ち込まれたものなのか，ペット及び飼料等として持ち込まれたものなのか，或は，もともと越生町の野生動物，家畜，人間等哺乳動物に存在していたものなのか等の第 1 汚染源を特定することは出来なかった。

３． その後の対策

越生町では，この事件を重要課題として，水環境の変化や河川の汚染，病原性原虫及び感染性微生物をも視野に入れた観点から安全対策を強化，施設及び管理面において見直し改善を図ることとし，今後，二度とこのような事件を繰り返さないため，懸濁物質，細菌類，藻類及び原虫類などの除去が確実で水質の向上が図られる膜処理施設を導入することとした。既存の町水系の浄水処理施設に，高度浄水施設整備事業として，膜処理施設を導入することにし，平成 9 年 3 月，第 5 次拡張事業の認可を受け，国及び県の補助金をいただき，平成 9 年 7 月に事業に着手，平成 10 年 3 月に無事完成した。約 2 年振りにクリプトスポリジウムに汚染されていた越辺（おっぺ）川からの取水を再開し，平成 10 年 5 月 1 日から，一般家庭に供給している。

水質関連雑談

水道の水質問題まとめ

水道の水質問題というと，すぐにダイオキシンや環境ホルモンなどを連想するかもしれない。化学物質ごとに環境中での挙動が異なるので，一般論としていうことは危険があるが，ダイオキシンの暴露源（人間がどこからダイオキシンを摂取するか）としては，圧倒的に食物経由が多く，8 割を占め，残りの 2 割のうちほとんどが大気経由，よって，水経由のものは，1%以下であろうと考えられる。

水道で，化学物質よりも重要であるのが，衛生問題である。「給水栓における水が、遊離残留塩素を〇・一㎎／l(結合残留塩素の場合は、〇・四㎎／l)以上保持するように塩素消毒をすること。」が水道法施行規則 17 条で決められている。規制緩和特区として，おいしい水のための塩素消毒なし給水を実施を希望している地方自治体もあるが，安全とおいしさをどこでバランスするか難しい課題だ。衛生指標として大切なのは，大腸菌群である。0-157 などの一部の病原性大腸菌を除いて大腸菌群に含まれる細菌は，かならずしも，ヒトに対して病原性はない。しかしながら，大腸菌群を含む水は，なんらかの糞便汚染を受けている可能性が強く，伝染病予防の観点から，大腸菌群を含む水は，注意を要することになる。水道水中からは，検出してはならないことになっている。大腸菌群という指標で安全を 100%確保できるかというと，そうでもなく，ウイルスや原虫など塩素に対する抵抗力が細菌よりも強い種類の微生物による事件が時々起きている。なお，基準項目としては，2003 年より大腸菌群ではなく大腸菌となった。主として，検出技術の進歩による改定である。

トリハロメタンを含めた消毒副生成物の問題は，水道の水質問題として衛生指標の次に大切なものとなっている。消毒副生成物には，トリハロメタンの他にも，ハロ酢酸類や抱水クロラールなどいくつもの物質があり，消毒副生成物のうちの何種類かには，水道水質基準値が設定されている。

地下水で問題となるのが肥料に由来する硝酸性窒素と工業用洗浄剤などに由来するテトラクロロエチレン，トリクロロエチレンなどの物質である。

土木施設はいったん作ると長く使わなければならない。水道管も 50 年はもつといわれており，一度埋めた水道管はなかなか掘り出し，更新することは難しい。昔使っていた鉛の配水管で問題となるのが鉛である。水道水質基準では鉛の基準は 0.05mg/L であったが，毒性評価に基づいて他の元素と同じ手続きで基準を定めると，0.01mg/L になる。5 倍も緩い基準になっていたが，これは鉛の配水管があると，基準値が守れないため暫定的に 0.05mg/L となっているためで，2003 年から 0.01mg/L に基準が改訂された。鉛の配水管は，取替えが進んでいるが，各家庭の給水設備が古い家屋では問題となる。配水設備は，水道局の責任であるが，給水設備は，各使用者の問題である。

実は，ヒ素も毒性評価から言えば，やや水道水質基準が甘いといわれている。しかし，ヒ素は，由来が天然のことが多く，天然のものに対してと人工的な汚染に対してとでは基準設定に異なる原則があっても良いとも考えられる。温泉の水には，ヒ素が含まれている事が多く，温泉水を飲むのが健康に良いのだとしたら，水道水のヒ素を規制する意味はないのかもしれない。しかし，温泉療法を信じる人にも，信じない人にも水道水は給水しなければならないから，やはり規制は必要だ。稀には，ヒ素は，毒ガスの成分として地下水に混入したり，人為的にカレーに混入されたりするので注意が必要だ。

今も昔も，濁度は，水道の処理プロセスのほとんど唯一とも言える管理指標である。濁度の除去が，急速ろ過プロセスの基本であり，逆に他の目的でこのプロセスは設計されているわけではない。ただ，水の濁りを除去するということは，濁り成分に付着している有害化学物質や有害微生物を除去することになり，実際には，いろいろな有害成分の濃度は凝集沈殿プロセスで減少している。また，濁度が 0.1 度以下になるようにろ過池の管理を丁寧に行えば，クリプトスポリジウム原虫はろ過で取り除けるとも言われており，濁度指標による浄水プロセスの管理は重要である。