

低炭素社会の構築 及びエネルギーの脆弱性

国土審議会 水資源開発分科会 調査企画部会

平成26年1月10日

- 目 次 -

■低炭素社会の構築及びエネルギーの脆弱性

- | | | |
|-----------------------|------|--------|
| ①低炭素社会構築へ向けた世界的な取り組み | p1 | |
| ②低炭素社会における水資源の取り組みの体系 | p2 | |
| ③水を利用するために必要なエネルギー | p3 | |
| ④水循環での取り組み | p4 | |
| ⑤エネルギー循環での取り組み | p5 | — p 27 |
| ⑥物質循環での取り組み | p 28 | |
| ⑦エネルギーの脆弱性 | p 29 | — p 34 |

①-1 低炭素社会構築へ向けた世界的な取組

○IPCC第4次評価報告書で、人為起源による地球温暖化の可能性が非常に高いことが指摘されている。温室効果ガス排出削減の取組が重要であり、低炭素社会構築は世界的に求められると考えられる。
 ○国連気候変動枠組条約、京都議定書の採択など、世界的な取組が行われている。

【低炭素社会の必要性】

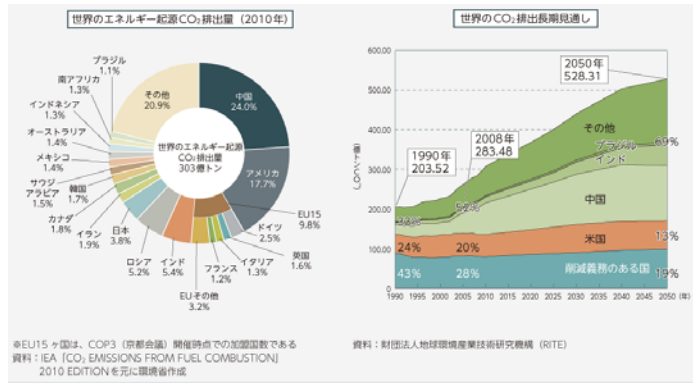
<気候変動に関する政府間パネル(IPCC)>

第4次評価報告書(平成19年)

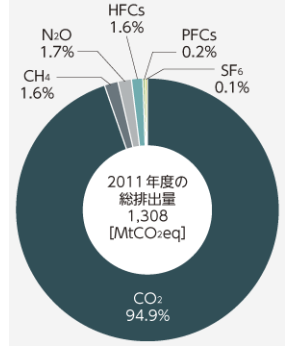
気候システムに温暖化が起こっていると断定するとともに、20世紀半ば以降に観測された世界平均気温の上昇のほとんどは人為起源の温室効果ガス濃度の観測された増加によってもたらされた可能性が非常に高いとされている。

温室効果ガスの排出削減の取組が重要

世界のエネルギー起源二酸化炭素の国別排出量とその見直し



日本が排出する温室効果ガスの内訳(2011年単年度)



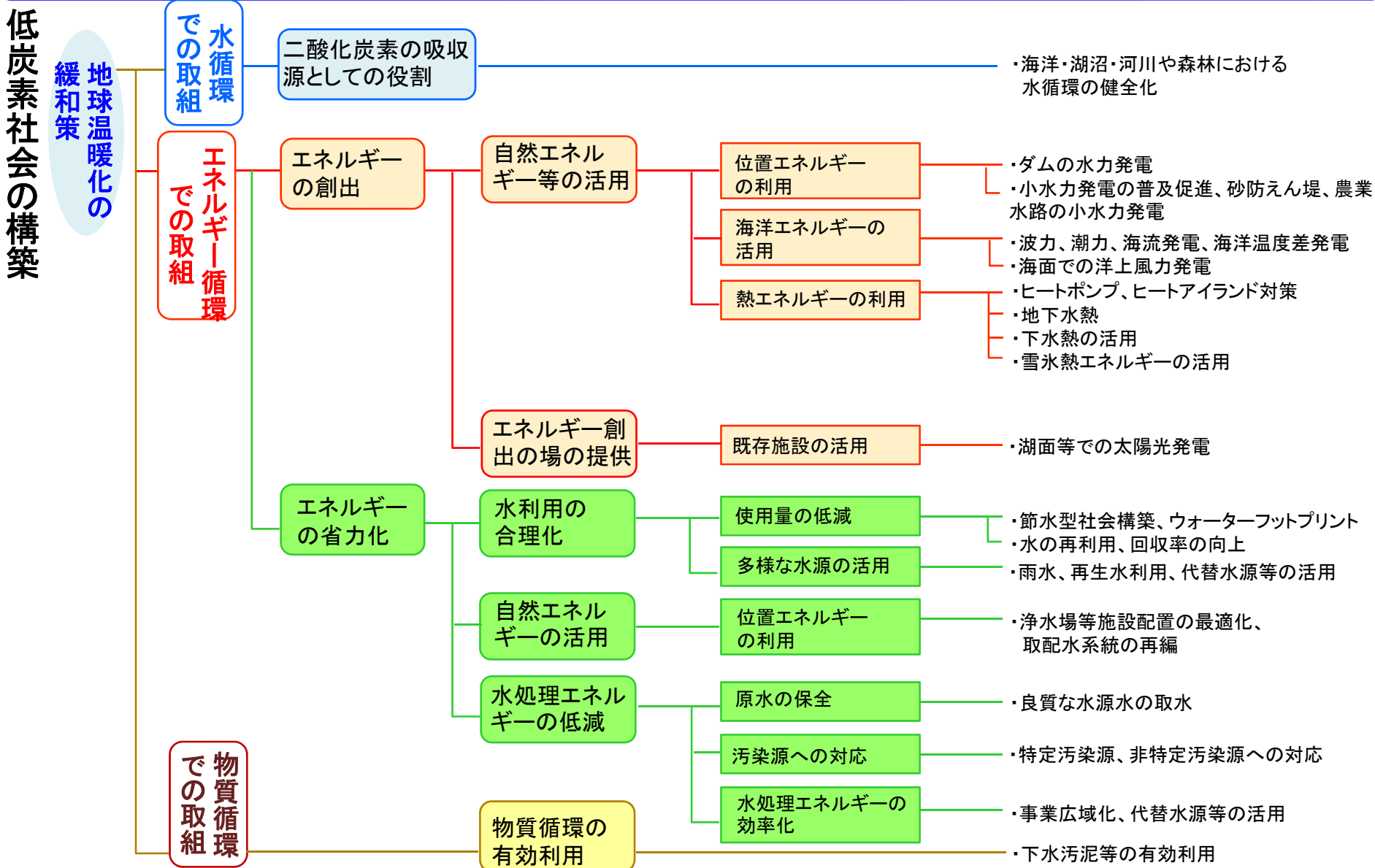
(出典)平成25年版環境白書／循環型社会白書／生物多様性白書

【世界的な取組】

年	内容
1985年(昭和60年)	気候変動に関する科学知見整理のための国際会議 (地球温暖化問題に関する初めての世界会議) - 政策決定者は地球温暖化を防止するための対策を協力して始めなければならない旨、宣言された。
1988年(昭和63年)	大気変化に関する国際会議(トロント会議) - 温室効果ガス排出量を2005年までに1986年比20%削減という具体的な数値目標を示した声明が出された。
1992年(平成4年)	「国連気候変動枠組条約」採択 - 地球温暖化対策に世界全体で取り組んでいくことに合意。
1997年(平成9年)	COP3:「京都議定書」採択 - 先進国の温室効果ガス排出量について、法的拘束力のある数値目標を各国毎に設定。
2009年(平成21年)	COP15:日本は温室効果ガス排出量90年比25%削減を登録
2011年(平成23年)	COP17:「全ての国に適用される将来の法的枠組み」構築に向けた道筋に合意
2012年(平成24年)	COP18: 京都議定書の延長などを盛り込んだ合意文書の「ドーハ気候ゲートウェイ」を採択

②-1 低炭素社会構築における水資源の取り組みの体系

○低炭素社会の構築に向け、水循環、エネルギー循環、物質循環において総合的に温室効果ガスの排出を抑制する地球温暖化の緩和策の取組を行っていく必要がある。

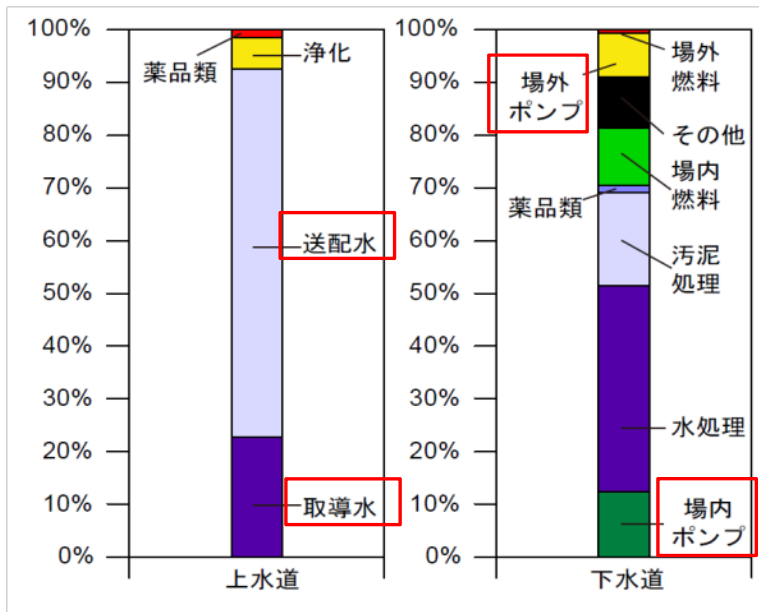


(注)「平成25年版環境白書／循環型社会白書／生物多様性白書」、「東京都水道経営プラン2013」、「湖沼水質のための流域対策の基本的考え方」(平成18年3月、国土交通省、農水省、環境省)をもとに国土交通省水資源部作成

③-1 水を利用するために必要なエネルギー

○水資源施設では、上水道では9割のエネルギーが送配水及び取導水に、下水道では4分の1のエネルギーが場内外ポンプの水運搬過程で消費されている。

水資源施設におけるエネルギー消費・利用状況



上下水道の二酸化炭素排出の要因

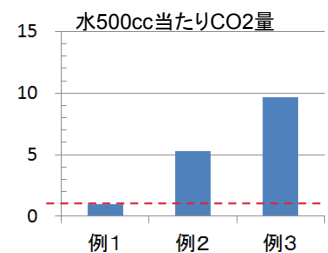
(注) 東京大学総括プロジェクト機構「水の知」(サントリー) 総括寄付講座編「水の日本地図」をもとに国土交通省水資源部作成

(試算) 1杯のコップの水に必要なエネルギー

- 試算条件**
- ・500cc当たりの水を入手するために、必要なエネルギーを試算
- 試算ケース**
- ・例1・・・概ね自然流下で送配水
 - ・例2・・・自然流下+ポンプによる送配水【丘陵部の住宅】
 - ・例3・・・自然流下+ポンプによる送配水【低平部の超高層マンション】



試算結果 例1のケースで排出されるCO2量を「1」として換算。

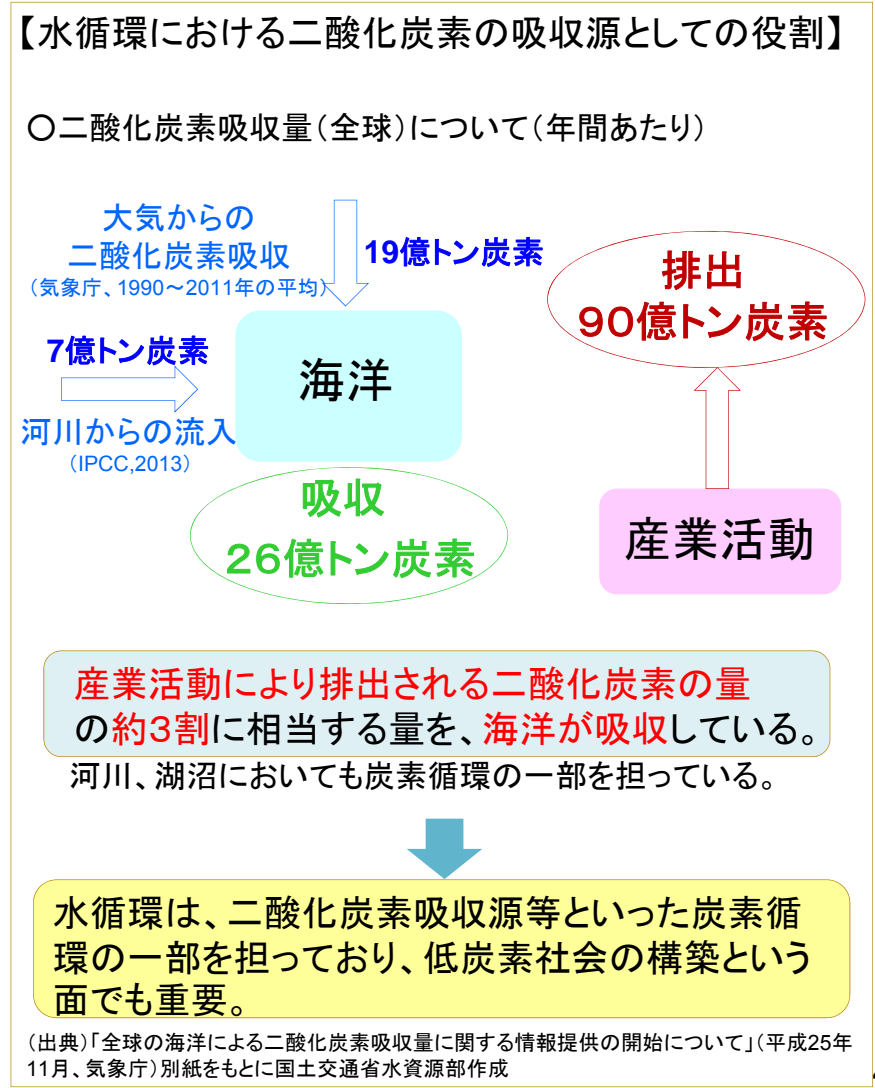
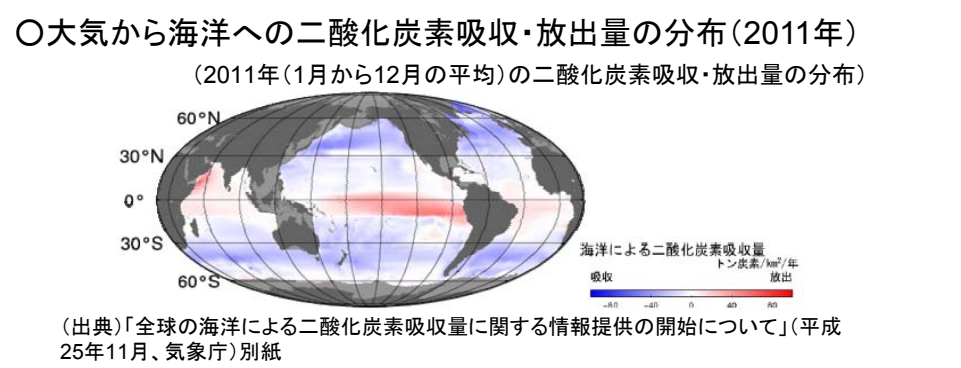
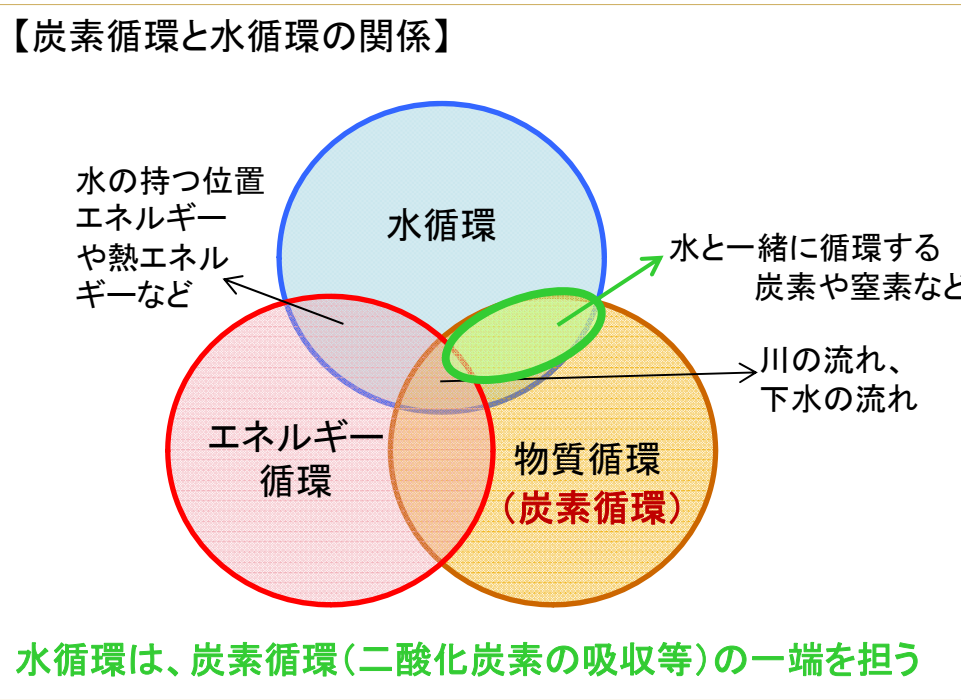


- 導水、送配水にポンプアップが加わるケースは、自然流下に比して大きなエネルギーが必要
- ポンプアップの高低差が大きいほど、より大きなエネルギーが必要

(注) 国土交通省資料をもとに作成

④-1 水循環での取り組み ~二酸化炭素の吸収源としての役割~

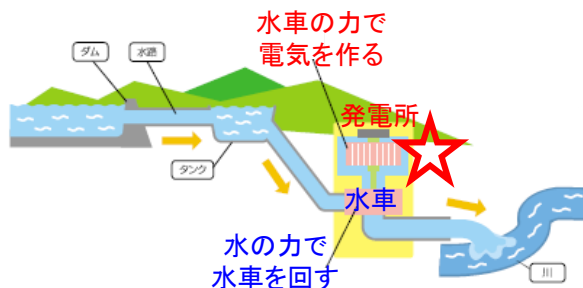
- 地球温暖化の原因とされる温室効果ガスの大部分を占める二酸化炭素は、「炭素循環」の中での一つの形態。
- 水循環と炭素循環は互いに関わり合っている。特に、海洋は産業活動により排出された二酸化炭素の約3割に相当する量を吸収する重要な吸収源。河川、湖沼も炭素循環の一部を担っている。
- 水循環は、低炭素社会の構築という面でも重要。



○水資源の持つ位置エネルギーを活用して発電を行う水力発電は、輸入に頼ることなく長期にわたり安定した発電が可能。発電の過程でCO₂を排出せず、低炭素社会の構築に貢献。

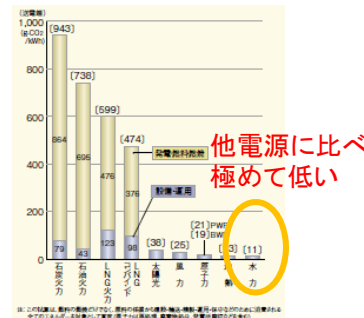
○水力発電は、ピーク供給力として重要な役割を果たしている。既存施設を有効に活用することにより水力発電の仕組みを確保することが期待される。

【水力発電のイメージ】



(注)「水のちから」(資源エネルギー庁)をもとに国土交通省水資源部作成

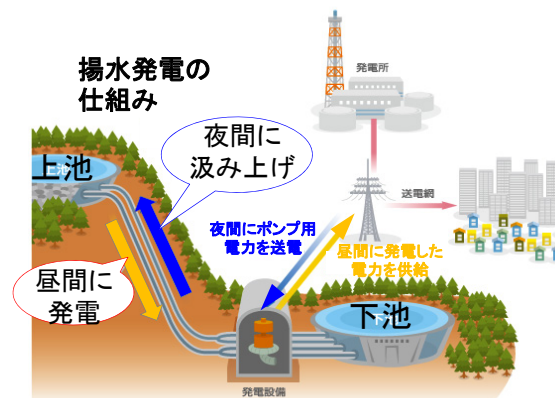
各電源の1キロワット時あたりのCO₂排出量



(注)「電気事業の現状2013」(電気事業連合会)をもとに国土交通省水資源部作成

揚水発電の特徴

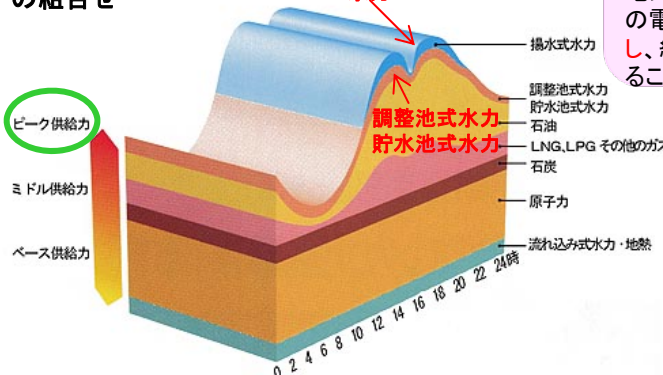
… 電力需要の大きい昼間に発電するよう調整が可能



(注)「TDKテクノマガジン第189回」資料をもとに国土交通省水資源部作成

【水力発電の特徴】

1日の時間帯別の電源の組合せ



(注)資源エネルギー庁HP、「水のちから」(資源エネルギー庁)をもとに国土交通省水資源部作成

電気は貯めておくことが出来ないため、使われる量に合わせて発電する必要がある。

電気を安定的に供給するために、一つの電源に偏らず、各電源の特性を生かし、組み合わせ、バランスよく発電すること(電源のベストミックス)が重要。

水力発電

水を貯めておけば、(電気が多く使われる時間帯に)多くの電気を作り出すことが可能

電源のベストミックスの一翼を担う電源として、とても重要な役割を果たしている

既存施設を有効に活用することにより、少ない整備で、水資源を活用したクリーンな電力を生み出すこともできる。ただし、河川環境や利水者への影響を考慮する必要がある。

既存施設の有効活用による水力発電の整備(イメージ)

- ・既存ダムの上部もしくは下部に、上池・下池を整備
- ・設置位置に高低差のある複数ダムに揚水発電施設を整備

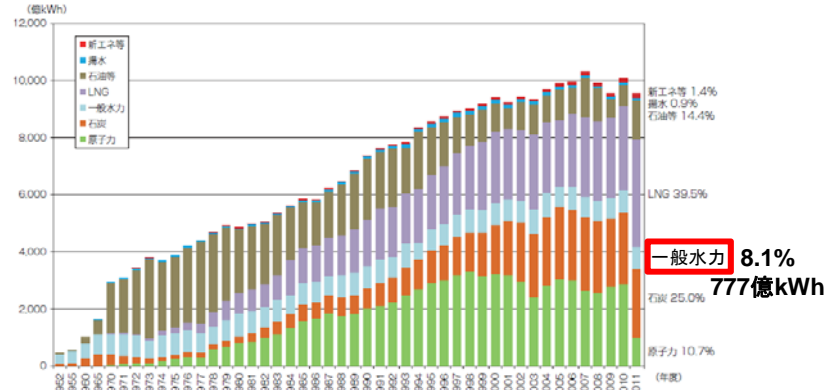
など

○一般水力発電の発電電力量は、全体の発電電力量の約8%程度(2011年)。

○未利用落差発電包蔵水力を活用することにより低炭素社会の構築に貢献。

<再生可能エネルギーの現状>

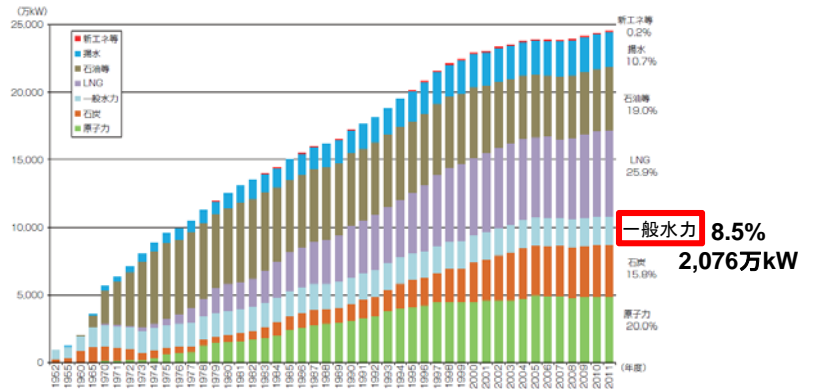
○発電電力量の推移(一般電気事業)



(注) 1971年度までは9電力会社計。
 (出所) 資源エネルギー庁「電源開発の概要」、「電力供給計画の概要」をもとに作成

(注) エネルギー白書2013をもとに国土交通省作成

○発電設備容量の推移(一般電気事業)



(注) 1971年度までは9電力会社計。
 (出所) 資源エネルギー庁「電源開発の概要」、「電力供給計画の概要」をもとに作成

(注) エネルギー白書2013をもとに国土交通省作成

<未利用落差発電包蔵水力の調査>

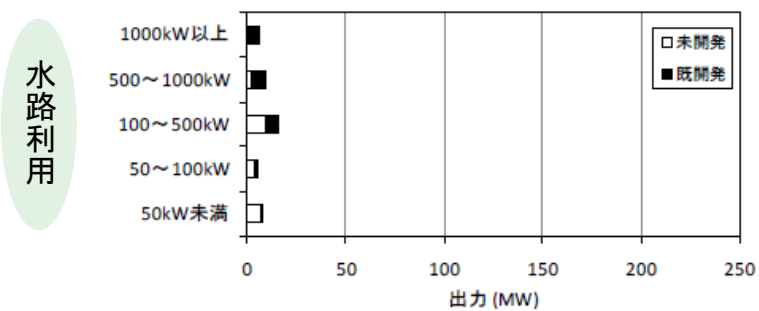
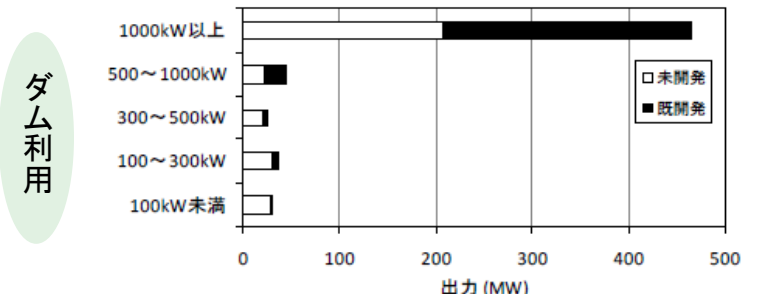
<未開発+既開発>

地点数 1,609
 出力 64万kW
 発電電力量 27億kWh

CO2排出抑制量
 196万t/年

日本の温室効果ガス排出量(エネルギー起源) 11.73億トン(CO2換算)(平成23年度)の、0.2%に相当。

○未利用落差発電包蔵水力 出力の分布



(注) 平成20年度中小水力開発促進指導事業基礎調査(未利用落差発電包蔵水力調査)、「平成23年度の温室効果ガス排出量(確定値)について」をもとに国交省作成

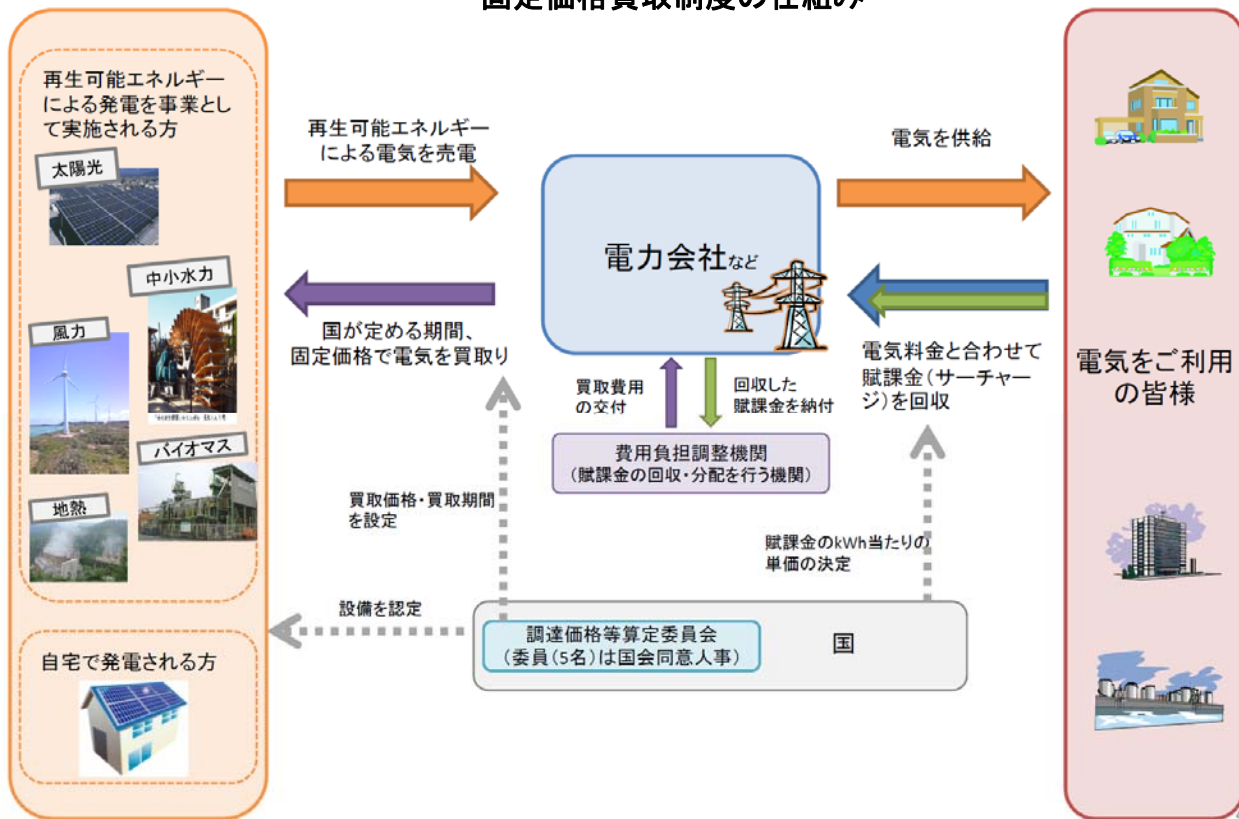
○固定価格買取制度の概要

再生可能エネルギー(太陽光、風力、水力、地熱、バイオマス)によって発電された電気を、国が定める一定の期間にわたって、国が定める一定の価格で購入することを電気事業者に義務づける制度(2012年7月1日~)

○効果

- ・再生可能エネルギーを用いる発電投資への投資回収の不確実性を低減
- ・投資を促すことで再生可能エネルギーの導入拡大の加速化
- ・導入拡大の加速による、設備の量産化が進み、再生可能エネルギーのコストダウンの進展が期待

固定価格買取制度の仕組み



固定買取価格(H25年度)

太陽光	10kW以上	10kW未満	10kW未満 (ダブル発電)
調達価格	37.8円(36円+税)	38円(税込)	31円(税込)
調達期間	20年間	10年間	10年間

風力	20kW以上	20kW未満
調達価格	23.1円(22円+税)	57.75円(55円+税)
調達期間	20年間	20年間

水力	1,000kW以上	200kW以上	200kW未満
	30,000kW未満	1,000kW未満	200kW未満
調達価格	25.2円 (24円+税)	30.45円 (29円+税)	35.7円 (34円+税)
調達期間	20年間	20年間	20年間

地熱	15,000kW以上	15,000kW未満
調達価格	27.3円(26円+税)	42円(40円+税)
調達期間	15年間	15年間

バイオマス	メタン発酵ガス発電	未利用木材廃棄発電(※1)	一般木材等廃棄発電(※2)	廃棄物(本質以外)廃棄発電(※3)	リサイクル木材廃棄発電(※4)
	調達価格	40.95円 (39円+税)	33.6円 (32円+税)	25.2円 (24円+税)	17.85円 (17円+税)
調達期間	20年間	20年間	20年間	20年間	20年間

- 小水力発電は、再生可能エネルギーとして、かつ地域振興につながる新たな事業分野として期待。
- 国土交通省では、水利権手続の簡素化・円滑化やプロジェクト形成の支援を通して導入を促進。

水利権手続の簡素化・円滑化

農業用水等を利用した従属発電について
登録制を導入(河川法改正)



<農業用水を利用した小水力発電の例>

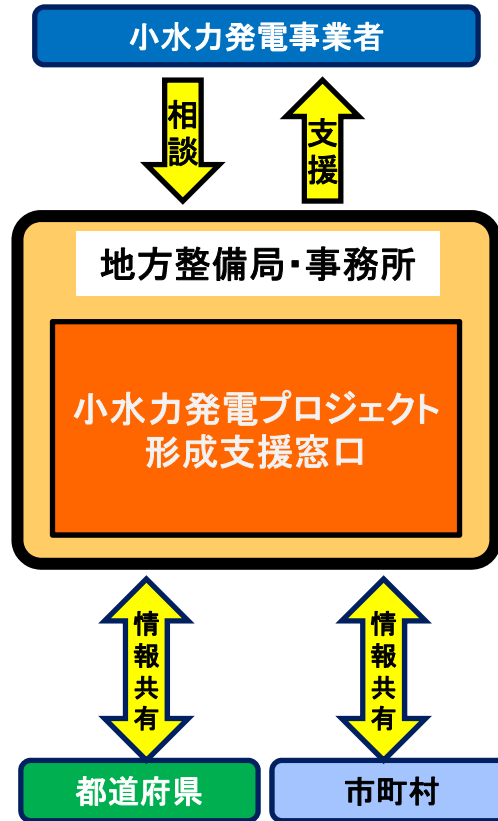


七ヶ用水発電所(手取川水系手取川)

- 【効果】**
- ・水利権取得までの標準処理期間が大幅に短縮
 - ・関係行政機関との協議や関係河川使用者の同意が不要

プロジェクト形成の支援

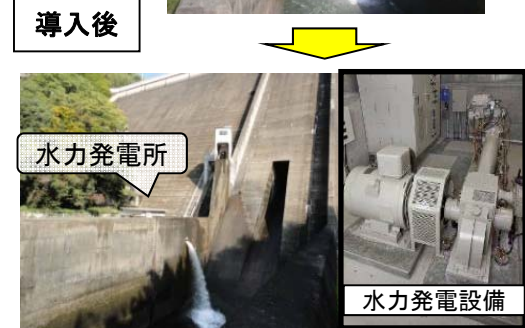
地方整備局や河川事務所において、河川法の申請手続の相談や河川管理者が調査したデータの提供など、地域の実情を踏まえた支援を実施



小水力発電設備の設置等

- 全直轄管理ダム等(118ダム)で実施した導入可能性の『総点検』結果に基づき、ダム管理用発電を積極的に導入

導入事例 (重信川水系石手川ダム)



現在36箇所導入済み。今後平成29年度までに導入可能な箇所について設置完了予定。

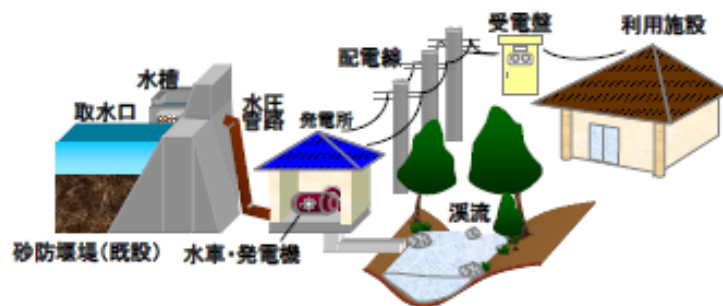
- 砂防堰堤については、小水力発電の導入を支援

○砂防堰堤を活用した小水力発電を推進するため、効率性・安定性の高い新方式による小水力発電機器の実証実験の支援等に加え、「既設砂防堰堤を活用した小水力発電ガイドライン(案)」を作成し、導入検討を促進

○下水道施設内の落差を利用した小水力発電の取組も行われている。

【砂防えん堤の活用】

砂防堰堤落差方式イメージ



(出典)「既設砂防堰堤を活用した小水力発電ガイドライン」

＜推進に向けた取組＞



小水力発電の活用をさらに展開するため『既設砂防堰堤を活用した小水力発電ガイドライン(案)』(平成22年2月)を作成。

小水力発電設備の導入検討の参考として広く活用。

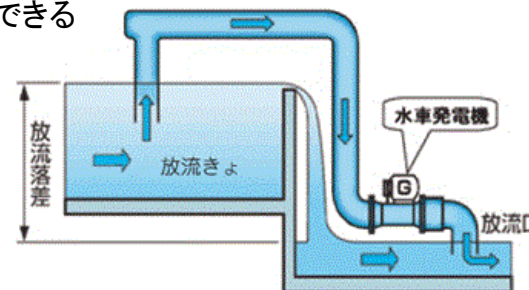
【下水道施設の活用】

＜東京都森ヶ崎水再生センターの事例＞

- ・処理水の放流きよは、高潮などにそなえて海面より数メートル高い位置に設置

- ・この放流落差を利用した水力発電機を3基設置し、年間約80万kWh(一般家庭の約230世帯分に相当)の発電を行っている。

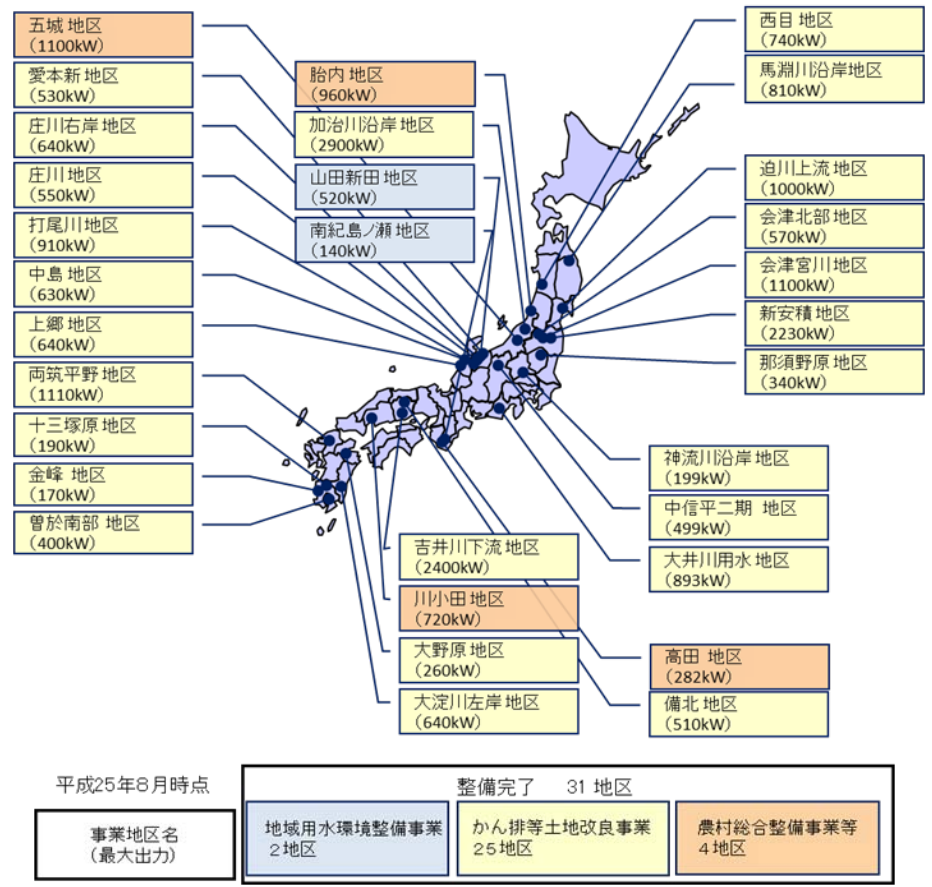
- ・水力発電は太陽光発電や風力発電と比べて安定して発電できる



(出典)東京都下水道局森ヶ崎水再生センターHP

○農業水利施設を利用した小水力発電の導入も全国的に進められており、農業水利施設の維持管理費を低減するとともに地域資源を活用したエネルギー供給を推進

[農業水利施設を利用した小水力発電施設の導入状況]

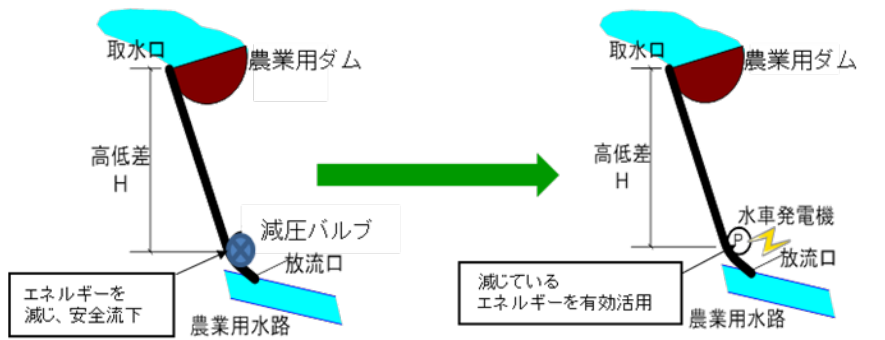


(出典)農林水産省資料

落差工の例



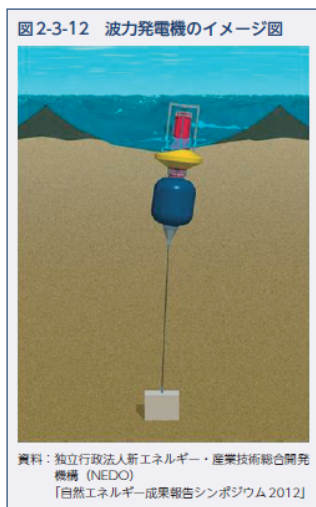
(出典)平成23年度第4回 農業農村振興整備部会 資料1-4



(出典)農林水産省資料

- 我が国は国土面積の12倍にも及ぶ世界第6位の海域を有する海洋大国。海洋エネルギーを利用する発電の研究開発が進められている。
- 我が国の海岸線に打ち寄せる波力エネルギーの発電ポテンシャルは高く、波力発電は、今後の活用が期待される。また、水中浮体式潮流・海流発電は、天候に左右されないことから、安定した発電を得ることができるとされている。
- 海洋温度差発電エネルギーは、昼夜の発電量に変動が少なく、比較的安定したエネルギー源になり得ると言われている。

<波力発電>



平成27年度に官民が一体となって伊豆大島周辺海域で浮体式波力発電装置を設置予定



海岸線だけでなく沖合にも発電装置の設置が可能になることから、**利用出来るエネルギーがさらに増加**することが見込まれている。

(出典) 平成25年版 環境・循環型社会・生物多様性白書

<潮流発電>



海底に発電装置を設置し、潮流エネルギーを用いた発電

<海流発電>

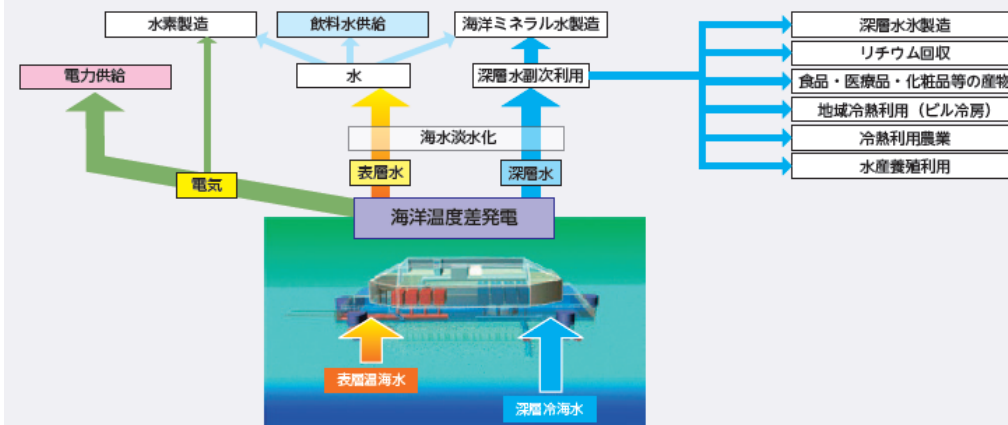


海中にタービンを係留させ、海流を使って回転させることによって発電

(出典) 平成25年版 環境・循環型社会・生物多様性白書

<海洋温度差発電>

海洋温度差発電の複合利用図



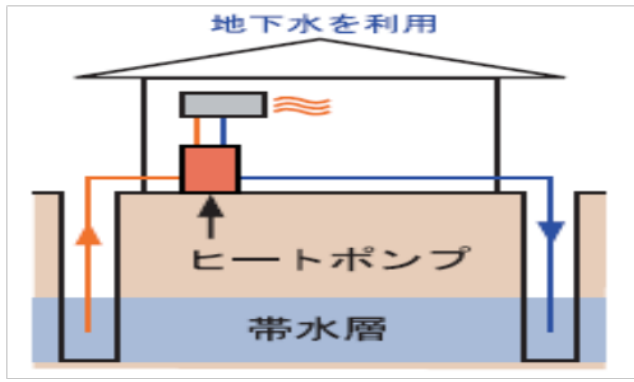
資料：株式会社ゼネシス

(出典) 平成25年版 環境・循環型社会・生物多様性白書

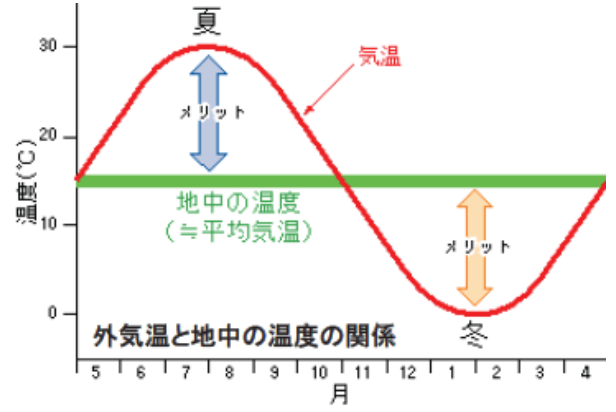
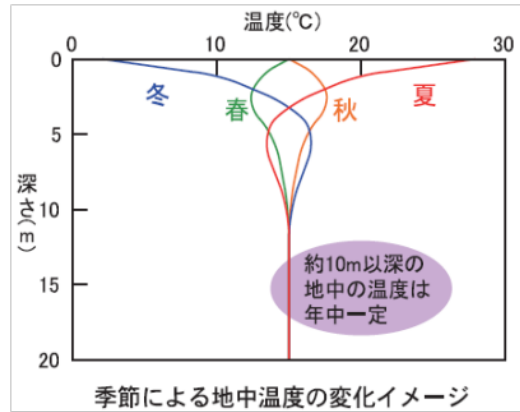
⑤-8 エネルギー循環での取り組み ～「エネルギーの創出」 自然エネルギー等の活用～ -熱エネルギーの活用① ヒートポンプ-

- 持続可能な再生可能エネルギーとして、年間一定の地下水温を地下水熱として活用
 - ・ 住宅、ビル等の冷暖房
 - ・ 地下水熱を路面に通水し、冬期の路面融雪や凍結防止
 - ・ 農業施設の空調、プール・温浴施設の加温

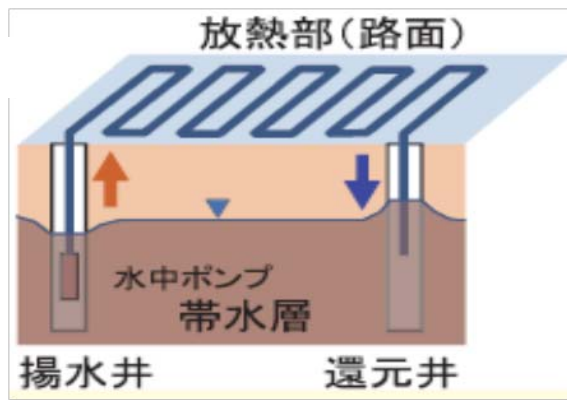
地下水ヒートポンプのイメージ



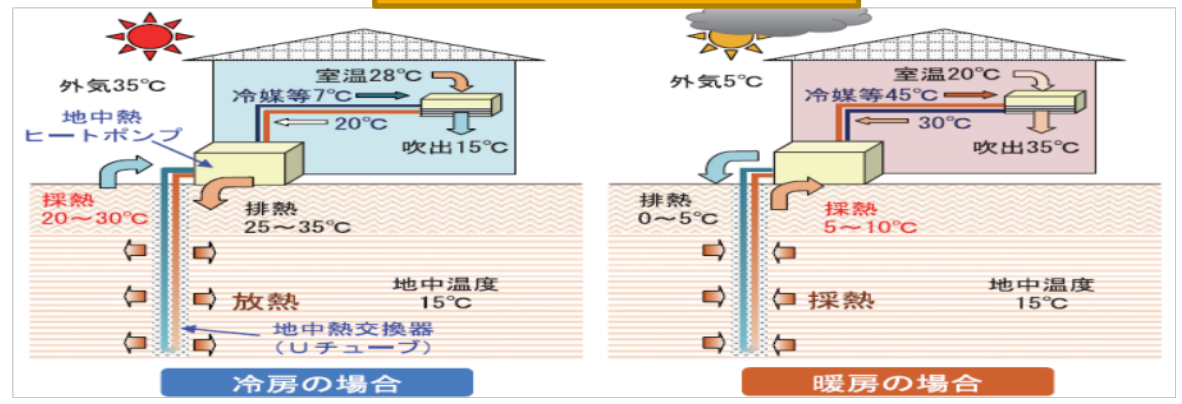
年間ほぼ一定な地下水温を活用



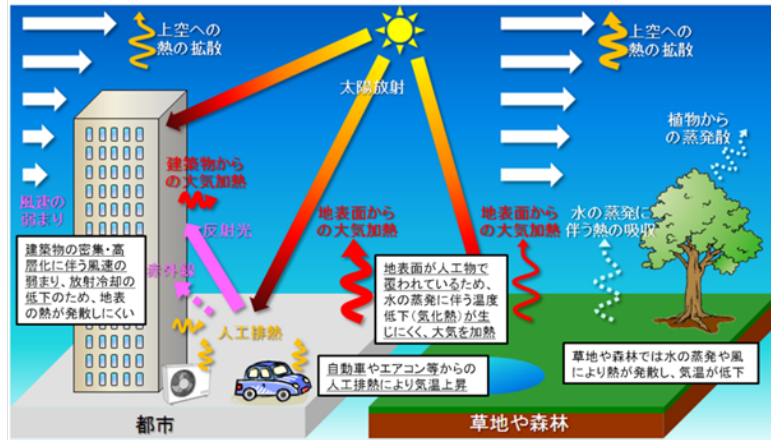
路面の融雪、凍結防止に活用



ビル、住宅等の冷暖房に活用



- 地下水熱、帯水層熱は低炭素で持続可能なエネルギーでCO2排出削減等に効果
- 排熱を大気中に放出しない地下水熱ヒートポンプの整備や、せせらぎの整備やドライミスト等の取組は、ヒートアイランド対策としても効果を発現



ヒートアイランド現象

(出典) 国土交通省ヒートアイランドポータル

【地下水熱、耐水熱等を活用した対策の特徴】

地下水熱利用は排熱を大気中に放出しない



空気熱源ヒートポンプ



地下水熱ヒートポンプ

出典：H25.3環境省パンフ「地中熱ヒートポンプシステム」

【取組事例】

○せせらぎ(神戸市)



松本地区のせせらぎ

(出典) 平成24年版「日本の水資源」

○ドライミスト(愛地球博)



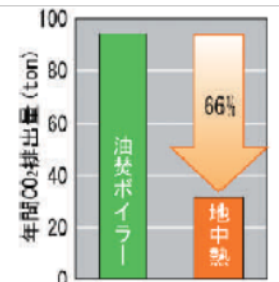
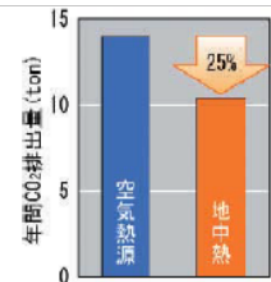
ドライミストの涼でくつろぐ来場者

暑さを和らげるドライミスト



(出典) 愛地球博エコロジーレポート

節電・省エネによるCO2排出削減



試算条件：冷房能力40kW、暖房能力45kW、平日のみ1日10時間運転、消費電力はメーカー各社平均値、CO₂排出係数は東京電力調整後係数(H23)

試算条件：A重油ボイラー出力93kW、地中熱ヒートポンプ暖房能力95kW、150日×22時間運転、消費電力・燃料消費量はメーカーカタログ値、電力のCO₂排出係数は北海道電力調整後係数(H23)

* 全てのデータには地下水熱及び地中熱を含む集計

⑤-10 エネルギー循環での取り組み ～「エネルギーの創出」 自然エネルギー等の活用～ - 熱エネルギーの活用③ 地下水熱 -

- 再生可能エネルギーとして、年間一定の地下水熱を道路等の消雪のために活用
- 全国的に見ると消雪揚水使用量の約8割は地下水エネルギーを活用

消雪用水散水状況



(妙高市 HP より)

消雪用水散水前と後の状況



(写真提供：上越市)

消雪用水使用状況表

地域区分	消雪パイプ使用水量(百万m ³ /年(%))				
	河川水	地下水		その他	
北海道	0.6	-	0.6 (88.9%)	0.1 (11.1%)	-
東北	369.2	2.7 (0.7%)	364.7 (98.8%)	1.8 (0.5%)	-
関東内陸	1.9	1.8 (95.4%)	0.1 (4.6%)	-	-
関東臨海	-	-	-	-	-
東海	23.9	4.3 (17.9%)	19.6 (82.1%)	0.01 (0.0%)	-
北陸	167.5	64.5 (38.5%)	100.0 (59.7%)	3.0 (1.8%)	-
近畿内陸	13.3	7.3 (54.7%)	6.0 (45.2%)	0.01 (0.1%)	-
近畿臨海	12.7	8.8 (69.0%)	3.9 (31.0%)	0.004 (0.0%)	-
山陽	4.3	3.5 (82.9%)	0.7 (17.1%)	-	-
山陰	0.1	0.1 (100.0%)	-	-	-
四国	-	-	-	-	-
北九州	-	-	-	-	-
南九州	-	-	-	-	-
沖縄	-	-	-	-	-
全国	593.5	92.9 (15.7%)	495.6 (83.5%)	4.9 (0.8%)	-

(注) 1. 国土交通省水資源部調べ
2. 使用水量は2011年度の値である。

大雪と人力による除雪状況



(2006年1月上越市)

⑤-11 エネルギー循環での取り組み ～「エネルギーの創出」自然エネルギー等の活用～ - 熱エネルギーの活用④ 下水熱 -

○下水の高度処理による再生水を、トイレ用水、公園修景用水として活用するとともに、冷暖房熱源として利用。

横浜市 日産スタジアム

- ・港北水再生センターにおいて高度処理した再生水を、「日産スタジアム」等のトイレ用水や公園修景用水に利用。
- ・さらに、日産スタジアムでは再生水を冷暖房熱源としても利用。



経済産業省「まちづくりと一体となった熱エネルギーの有効利用に関する研究会」(H23.8)

■下水道事業と熱利用事業とのパッケージ化の推進

ささしまライブ 24 地区のように、下水道事業により水質浄化、修景用水等に再生処理水を供給するために整備した管路を熱利用にも活用する方法では、民間事業者が熱導管整備に直接的な投資をせずに下水熱利用可能地域を拡大できる可能性も考えられるところであり、地方公共団体における積極的な取組の検討と併せて、地方公共団体における下水道施設の改築と併せた熱利用を推進する仕組みを検討してはどうか。

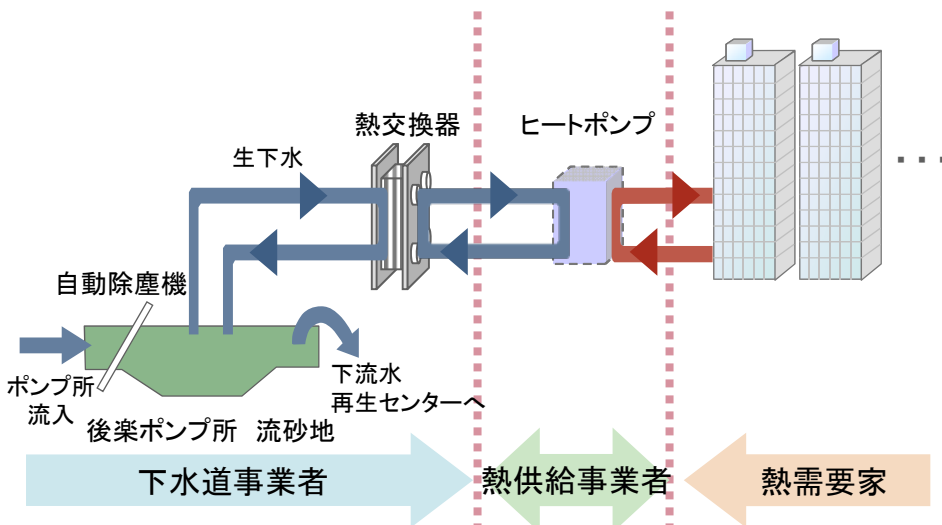
名古屋市 ささしまライブ24地区

- ・露橋水処理センターの改築更新に合わせて高度処理を導入し、都市開発を進めている「ささしまライブ24地区」に下水再生水を送水。
- ・再生水を民間事業者による熱利用に活用するとともに、運河の水質改善用水や修景用水として利用予定



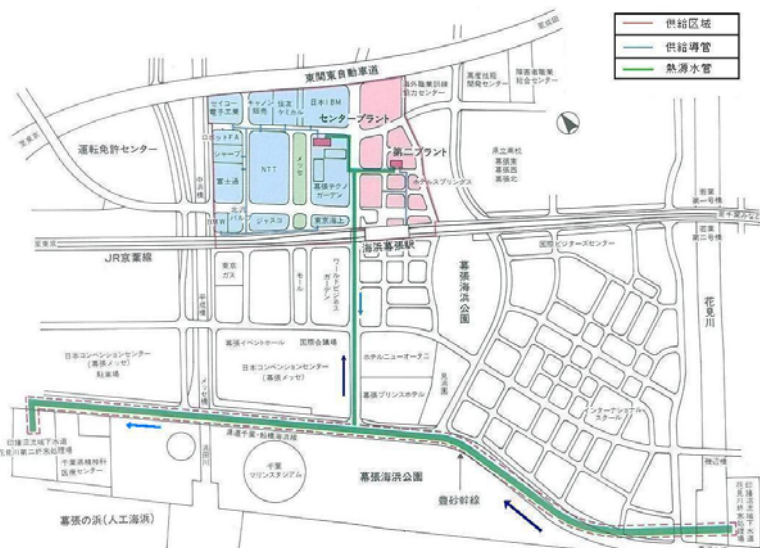
東京都・後楽一丁目地区の事例

- ・後楽ポンプ所で未処理下水の熱を利用。
- ・JR水道橋駅北側のオフィスビル、ホテル等へ地域冷暖房事業として熱供給(延床面積約24万㎡)。



千葉県・幕張新都心地区の事例

- ・花見川終末処理場の処理水の熱を利用。
- ・オフィスビル等へ地域冷暖房事業として熱供給(延床面積約95万㎡)。



- 雪氷熱エネルギー利用にあたり、寒冷地では資源が豊富にある。また、二酸化炭素も排出されない。
- 雪氷エネルギーの持つ温室効果ガス排出抑制効果等の環境負荷価値を証書化し、取引を行う「雪氷グリーン熱証書」取引システム(平成23年度～)により、雪氷熱エネルギーの活用の促進が期待される。

【雪氷熱利用】

降り積もった雪や氷を夏まで保存し、農作物の冷蔵や部屋の冷房に活用

寒冷地では従来、除排雪、融雪など膨大な費用がかかっていた雪を、積極的に利用することでメリットへ転換

<利用形態>



(出典)資源エネルギー庁HP

【雪氷熱利用の事例】

- JAびばい「雪蔵工房」
- マンション・ウエストパレス
- ガラスのピラミッド 雪冷房施設



国内最大となる3,600tの貯雪量を誇る玄米貯蔵施設。全空気式雪冷房により庫内を温度5℃、湿度70%の低温環境とし、常に新米の食味を提供している。運転停止や温度調整も可能で、消費電力は従来に比べ1/2以下となっている。

(出典)資源エネルギー庁HP



世界初の雪冷房マンションであり、従来、主に農産物貯蔵に利用されることが多かった雪冷房が、本施設以降、居住空間にも盛んに活用されるようになったことで知られる。システムは、雪を強制的に溶かし、雪解け冷水を循環させて冷房を行う冷水循環式。

平成14年度新エネ大賞「資源エネルギー庁長官賞」



冬季、札幌市モエレ沼公園内に積もった雪、約3,000m³を貯雪庫に貯蔵して、6～9月のガラスのピラミッド館内冷房の冷熱源として利用している。冷熱発生に電力を使用しないことで、年間約30tのCO₂削減効果が見込まれている。

写真提供：札幌市モエレ沼公園

【雪氷熱エネルギーの活用の促進】

『雪氷グリーン熱証書』システム

雪氷エネルギーの持つ温室効果ガス排出抑制効果等の環境負荷価値を証書化し、取引するもの。



資料：北海道経済開発局「ビジネスで活用しよう！雪氷冷熱の環境価値」

(出典)平成25年版環境白書／循環型社会白書／生物多様性白書

○水そのものでなく、水の存在を介してエネルギー創出に資することにより低炭素社会の構築へ貢献することが可能。

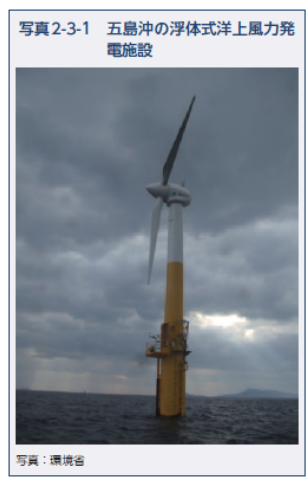
<海面を利用した風力発電>

浮体式洋上風力発電

遠浅の海が少なく、また風を遮るものがない外洋



陸上や陸地に近い洋上よりも強く安定した風力が利用できる



(出典) 平成25年版環境白書

<既存の資本を利用した太陽光発電>

既存資本(ダム堤体、湖面)の有効活用



本来の目的を損なわず、資本の持つ場を活用することにより、太陽光発電という新たな役割を担う。

新たな開発や造成を行わないため、地域環境への影響が少ない

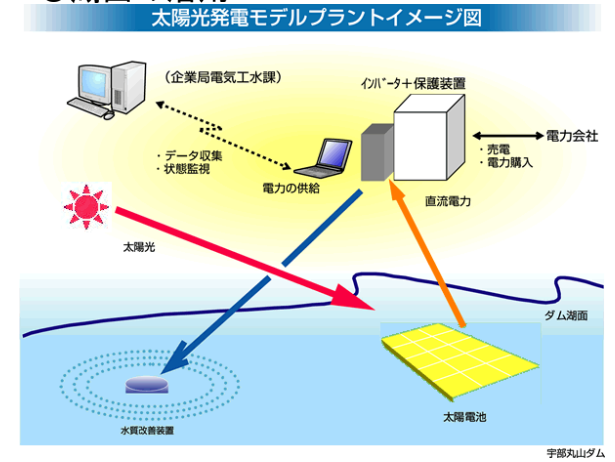
○堤体の活用



事例: 神谷ダム完成イメージ(兵庫県)

(出典) 兵庫県企業庁 メガソーラープロジェクト

○湖面の活用



事例: 宇部丸山ダム 太陽光発電モデルプラントイメージ図(山口県)

(出典) 兵庫県企業庁 メガソーラープロジェクト

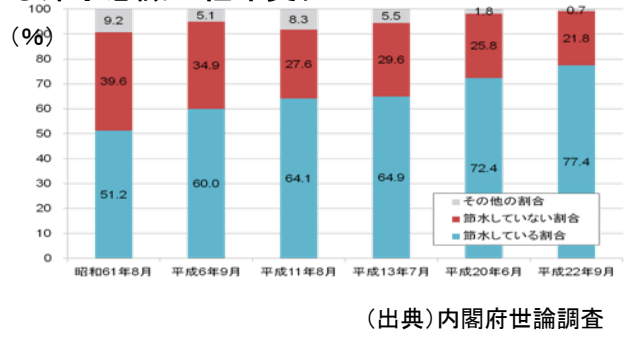
○「節水している」または、「どちらかといえば節水している」と答えた人は77.4%であり、過去の同様の調査と比較すると、水に対する意識が着実に高まっている。

○低炭素社会の構築にあたっては、社会全体の水使用量を低下し、水資源供給施設においては消費するエネルギーの低減が必要。このため、節水型社会への構築に寄与する節水機器の導入の促進等が重要。

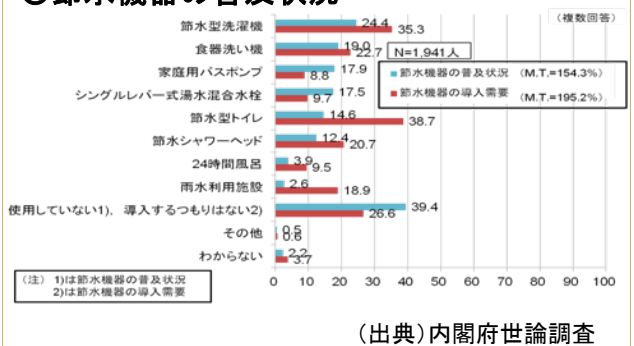
○水道用水では配水管の漏水防止対策が進み、世界でも類をみないほど漏水が少なく有効率が90%に達している。また、工業用水では、水使用量の節約や環境保全等の観点から水資源の有効利用が図られており、回収率の向上につながっている。

○これら水道の有効率や工業用水の回収率の向上等は、低炭素社会の構築に貢献。

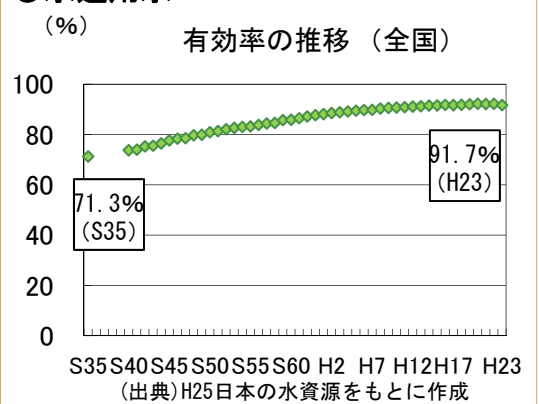
○節水意識の経年変化



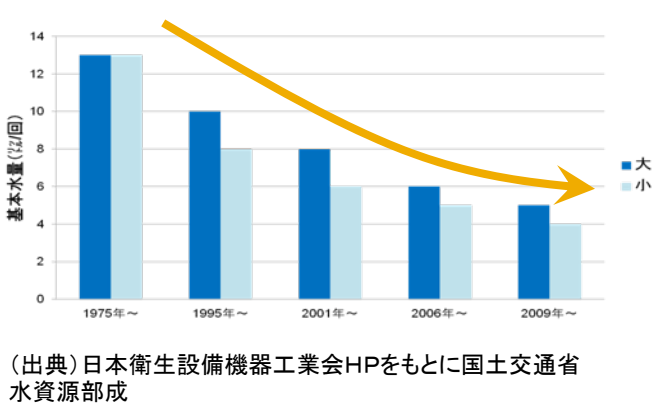
○節水機器の普及状況



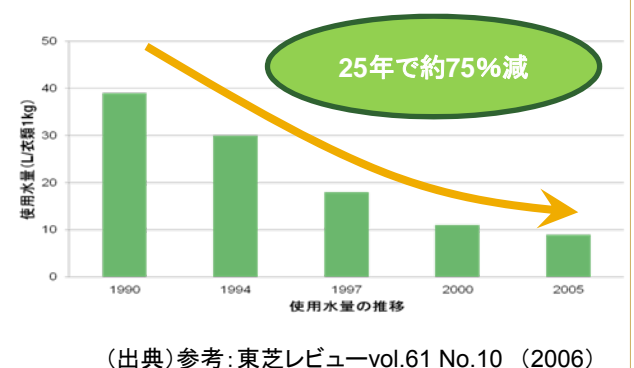
○水道用水



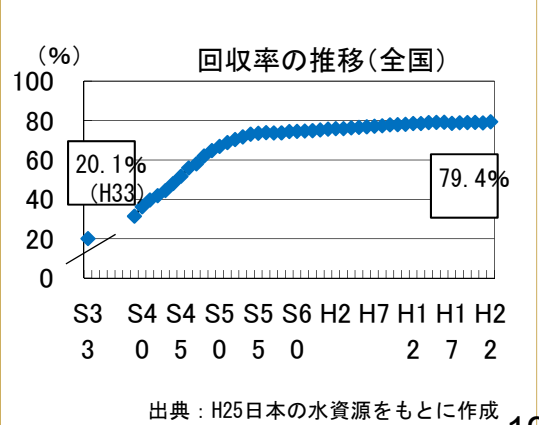
○トイレの年代別使用水量の変化



○全自動洗濯機の性能向上による使用水量の変化



○工業用水



- 二酸化炭素の排出とは異なり、水の使用の影響は、水の種類、時期、取水・排水・汚染の場所に依存する。
- 我々が利用する製品・サービスについて、その背景にある水の消費や汚染を指標化(ウォーターフットプリントとして表現)により、客観的に認識することが可能。これにより、地球にやさしい水の使い方等の意識啓発にも資する。
- ウォーターフットプリントの算定に関して、国際標準化の取組が行われている(2014年ISO 規格発行予定)。

ウォーターフットプリント

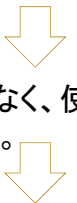
製品・サービスのライフサイクルを通じて直接的・間接的に消費・汚染された水の量を示す指標

○ウォーターフットプリントのイメージ

製品Aに使用される水の量の場合(イメージ)

原料 生産 5リットル	包材 生産 1リットル	生産 0.5リットル	輸送 販売 0.5リットル	使用 0リットル	廃棄 リサイクル 3リットル
-------------------	-------------------	---------------	---------------------	-------------	----------------------

全水使用量 10リットル = ウォーターフットプリント

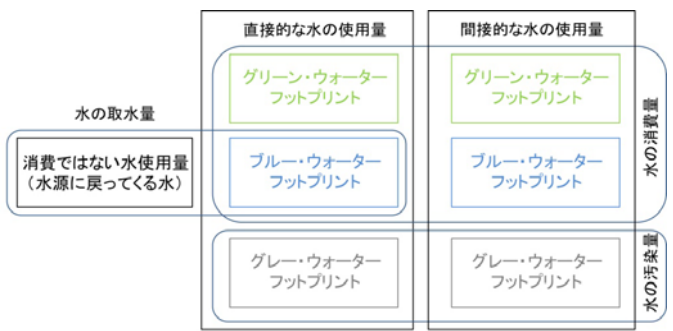


原材料や生産過程だけでなく、使用時や廃棄時等の水についても考慮されている。

製品・サービスの背景にある水の消費や汚染を指標として、客観的に認識することが可能。

ウォーターフットプリントの算定については、現在、国際標準化の取組が進められている(2014年ISO規格発行予定)。

(注)地球環境センター市民環境講座資料及び「ウォーター・フットプリントの課題と背景」(東京大学沖教授)、「ウォーター・フットプリント」に関する国際ワークショップ資料)、大和総研グループHPをもとに国土交通省作成



(注) Water Footprint Manual State of the Art 2009をもとに国土交通省水資源部作成
(出典)平成25年版「日本の水資源」

ブルー・ウォーター・フットプリント

表流水(河川・湖沼の水)や地下水が消費された量。ここで、消費には、作物・製品に取り込まれるだけでなく、取水地点に水が戻ってこなかった場合を含む。

グリーン・ウォーター・フットプリント

雨水のうち、作物に取り込まれた量、及び、土壌中に水分として貯えられた量。

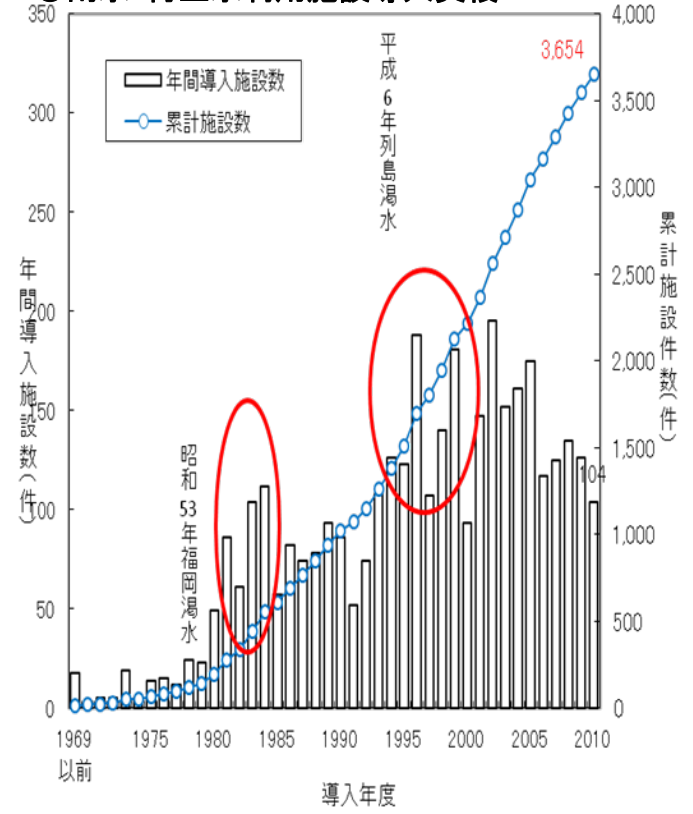
グレー・ウォーター・フットプリント

水の汚染量を示す指標で、環境水質基準に基づいて汚染物質を希釈するのに必要な水の量。

(出典)地球環境センター 市民環境講座資料をもとに国土交通省作成

- 福岡湧水(昭和53年)などの湧水の頻発や、列島海水(平成6年)を契機として、水の有効利用方策として、雨水・再生水利用が推進されている。
- 地球温暖化による湧水リスクに対して、下水の再利用や雨水の利用による対応を求めている。
- 雨水、再生水を代替水源等として活用することは、低炭素社会の構築への貢献につながる。

○雨水・再生水利用施設導入実績



(注)国土交通省水資源部調べ(2010年度末現在)

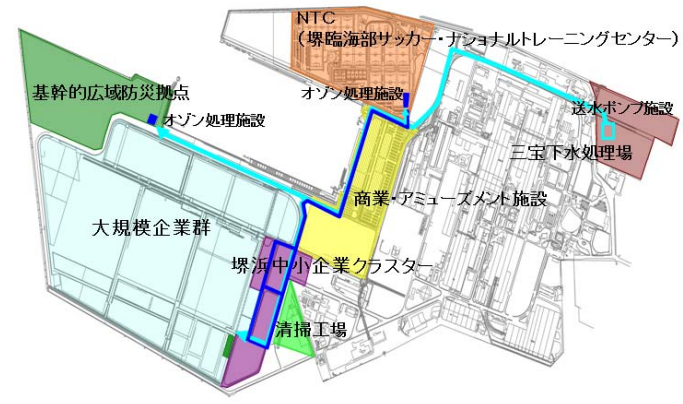
【再掲】第1回資料5 p21

代替水源の活用

雨水の有効活用
(綾瀬市)

屋根からの集水、敷地内に降った雨水を貯留・浸透

雨水を有効活用することにより、環境の保全に資する

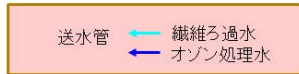


工業用水
(大阪府堺市)

近くの下水处理場から高度処理した再生水を、工業企業群に送水

水の送水エネルギーの省力化

- 供給区域: 堺市堺浜地区約300ha
- 供給対象: 供給区域内の全ての建築物及び緑地等
- 供給能力: 日最大34,000m3

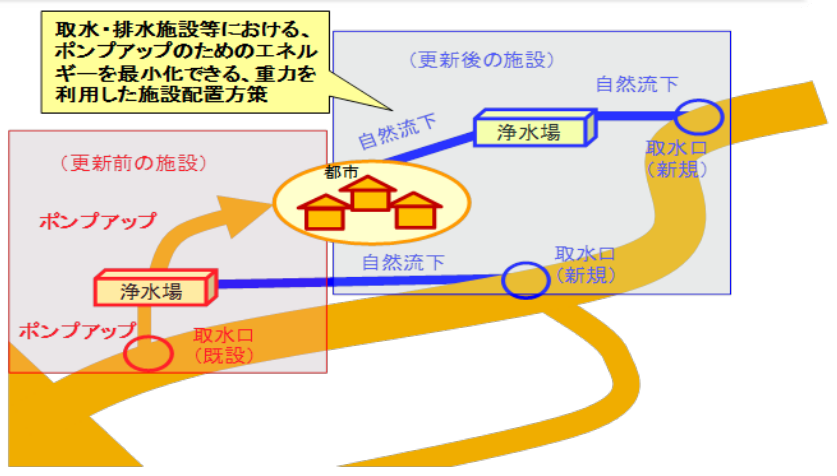


(出典)国土交通省下水道部資料

【再掲】第3回資料6

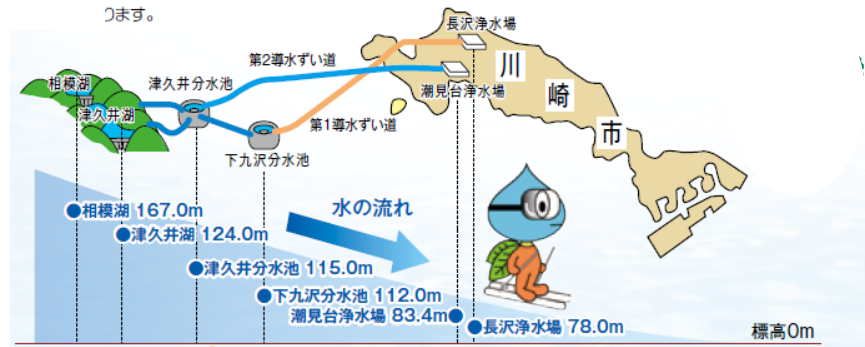
○浄水場等の施設の配置を工夫し、自然流下を活用した供給システムとすることにより、エネルギーの省力化を図る。

取排水系の最適化



＜位置エネルギーを利用した取水・送水・配水の事例＞

川崎市

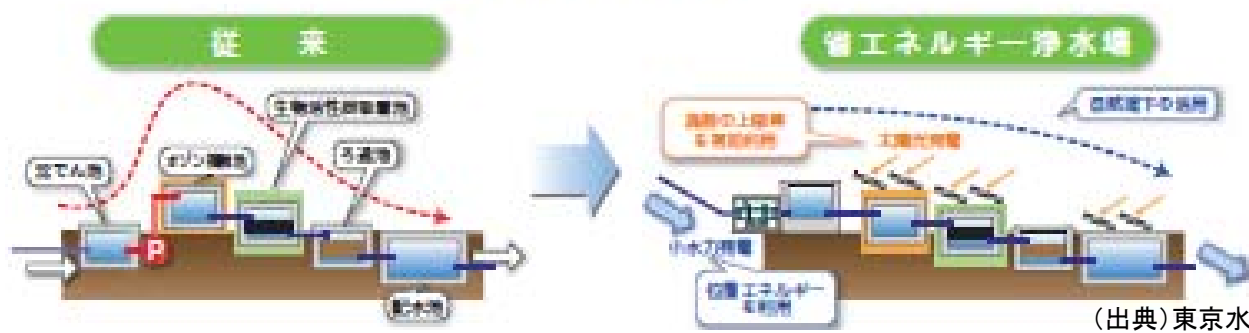


(出典)川崎市環境報告書(平成19年度)

＜省エネルギー浄水場の整備:東京都＞

位置エネルギーや小水力発電等を可能な限り活用し、エネルギー効率を高めた浄水処理システムを目指す。

＜省エネルギー浄水場の施設配置(イメージ)＞



(出典)東京水道経営プラン2013

○水供給システム全体として、省エネルギーとなるような施設整備の取り組み等が行われている。

＜使用エネルギーの最小化(イメージ):東京都＞

＜使用エネルギーの最小化(イメージ)＞

よりエネルギー消費の少ない路線に
水配分をシフト

浄水場 給水所 給水区域

ルートA 給水所 給水区域

ルートB

東京都水道局では、トータルエネルギー管理システムの導入による使用エネルギーの最小化など、環境負荷の低減に向けた様々な取組を実施 (出典)東京水道経営プラン2013

＜上流取水を含めた施設配置の見直し:東京都＞

施設配置を再構築することにより、自然流下の活用やポンプアップに係るエネルギーの削減を図ることができる。

現状 再構築

代替浄水場(新設) A浄水場(増強) B浄水場(縮小等) C浄水場(縮小等)

自然流下 加圧小 加圧大

(出典)平成24年版日本の水資源

＜位置エネルギー等の活用に向けた施設整備:東京都＞

＜ハイブリッド方式による配水(イメージ)＞

小水力発電設備 配水池 ポンプ 直結ポンプ

配水池への引入余剰圧力を利用して発電 引入余剰圧力を利用して少ない電力で配水

給水所への送水圧を活用した直結ポンプと小水力発電設備とを組み合わせたハイブリッド方式の導入を検討していくなど、エネルギー利用の一層の効率化を図る

(出典)東京水道経営プラン2013

＜自然流下方式の配水へ変更:堺市＞

○浅香山浄水場

これまでの配水池は半地下構造で大阪広域水道企業団から圧力の高い水を受け取り、配水池に一時貯水してから配水ポンプで加圧して配水していた。

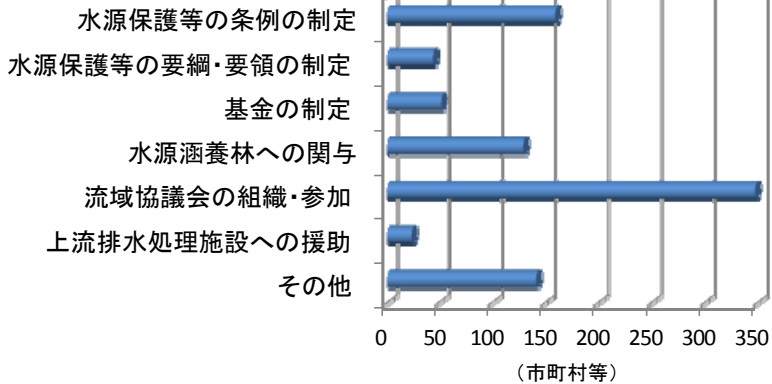
新配水池を高架配水池にしたことで、大阪広域水道企業団からの受水圧力エネルギーを有効活用することができ、自然流下で配水することが可能となった。

これにより、配水ポンプの使用電力量の減少に伴う電気料金の削減とCO2削減による地球温暖化防止にも寄与。また、停電やポンプ故障時でも配水に影響がなく、安定して配水することが可能。

(出典)堺市朝香山浄水場HP

- 水源の保全等により、良質な水の確保に対する取組がなされている。
- 発生源別に負荷量をみると、点源からの負荷量は減少傾向、面源からの負荷量は増加傾向。

【水道水源の保全の取組】



(注) 水道水源の保全に関する取組み状況調査について(平成19年3月、厚生労働省)をもとに国土交通省水資源部作成

【良質な水道水源の確保】

○水道水源林の働き

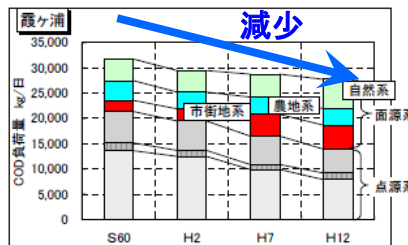
- 水源涵養機能、水質浄化機能、土砂流出機能



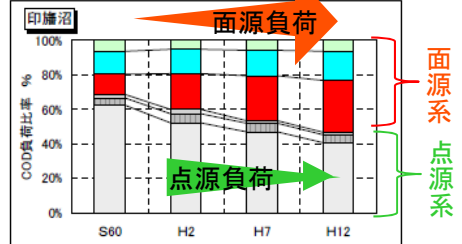
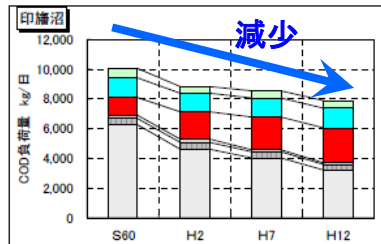
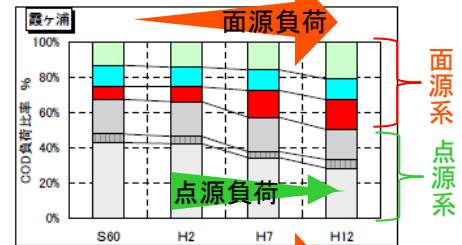
良質な土壌は、雨水が浸透する間に、ちり、窒素、リンなどをろ過・吸着・分解する浄化作用が働くため、雨水はきれいな水となって河川に流れ出る。

(注)「水道水源林」(東京都水道局)をもとに国土交通省水資源部作成

COD負荷量



COD負荷比率



(注)「湖沼水質のための流域対策の基本的考え方」(国交省、農水省、環境省)をもとに国土交通省水資源部作成

指定湖沼の要因別負荷比率の推移-COD-

面源からの負荷を削減することがより重要

点源への対応

○排水量の削減

→工業用水における再利用、家庭排水の質の向上

○排出基準の設定—公共用水域の水質保全—

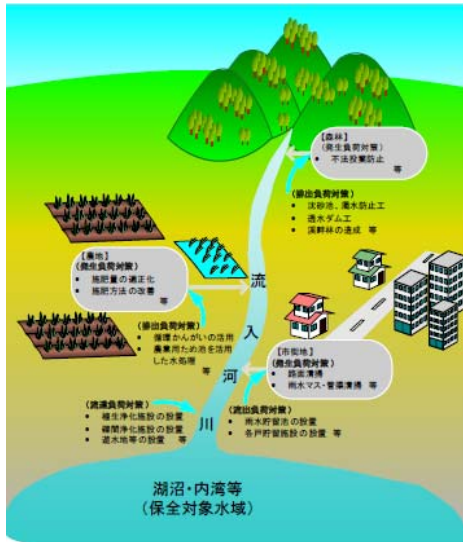
- ・全国一律の排水基準(水質汚濁防止法)
- ・上乘せ排水基準 (都道府県条例での設定が可能)

面源への対応 (次ページ)

○面源負荷対策は、発生負荷対策、排出負荷対策、流達負荷対策に分けられる。

○流域管理を視野においた汚濁負荷量のコントロールが求められる。

【面源負荷対策の位置付け】



面源負荷対策の位置付け

(出典)「湖沼水質のための流域対策の基本的考え方」
 (国交省、農水省、環境省)

○発生負荷対策

市街地、農地、森林等において、主に人為活動により発生する負荷に対する対策
 →人為活動による負荷の発生防止 等

○排出負荷対策

発生負荷が、降水等に伴い水路や河川等に流れ出る負荷に対する対策
 →雨水流出の制御、排出水の浄化等の対策 等

○流達負荷対策

排出負荷が、河川等を通じて保全対象水域(指定湖沼等)に流達する負荷に対する対策
 →流入河川等での浄化による流達防止の対策 等

【負荷削減へ向けた取組】

年月	内容
平成17年6月	「湖沼水質保全特別措置法」改正 ノンポイント負荷をはじめとする面源汚染による負荷を減らす対策の推進の明記
平成18年6月	「湖沼水質のための流域対策の基本的考え方」(国交省、農水省、林野庁、環境省) 主として排出負荷対策・流達負荷対策の散る案・実施にあたっての基本的な考え方、流点のとりまとめ。
平成20年3月	「市街地のノンポイント対策に関する手引き(案)」改訂 ノンポイント負荷削減目標の設定等について示す
平成25年3月	「水環境マネジメント検討会報告書」 画一的でない負荷削減対策の推進



<流域管理を視野においた汚濁負荷量のコントロール>

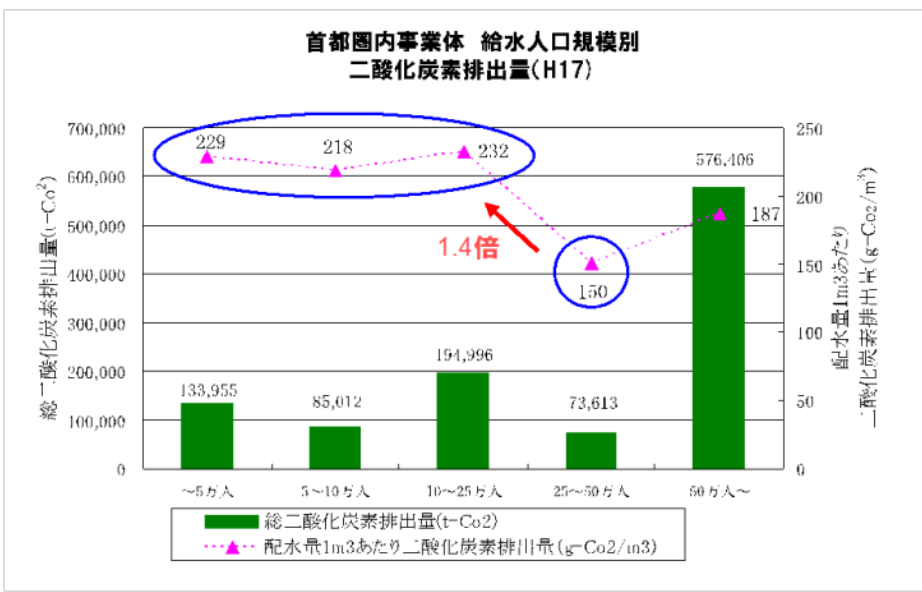
→画一的でない負荷削減対策の推進

地域の実情に応じた適切な汚濁負荷削減対策や効率的な優先順位に基づく事業を実施できるような画一的でない負荷削減対策を推進する仕組みを整備すべき。

○首都圏を対象モデルとし、低炭素社会構築の視点から行政区域にとられない水循環を前提に、現行の水道システムを見直す実証モデル調査研究を実施。
 ○中小規模水道事業体の広域化、各種代替水資源の活用などの検討を行っている。

中小規模水道事業体の広域化

給水人口規模の小さい水道事業体の方が、単位配水量あたりの二酸化炭素排出量が多くエネルギー効率が悪傾向にある。よって、広域化に伴い給水人口規模が適正な大きになるとランニングエネルギー面で有利になるとしている。

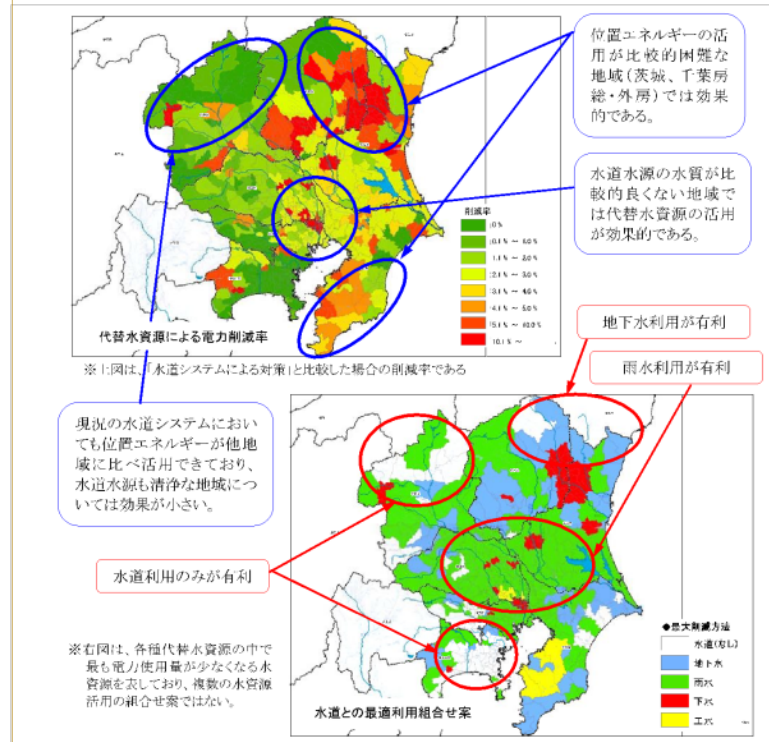


【中小水道事業体の課題】
 ・施設老朽化に伴う更新・再構築
 ・施設耐震化
 ・水質問題の多様化・複雑化
 ・料金収入の伸び悩みによる財政の逼迫 等

中小事業体では各課題を単独で対処するには限界があり、課題解決する方法の一つとして「広域化」を推進し、運営基盤の強化を図る必要があると段々される。

各種代替水資源の活用

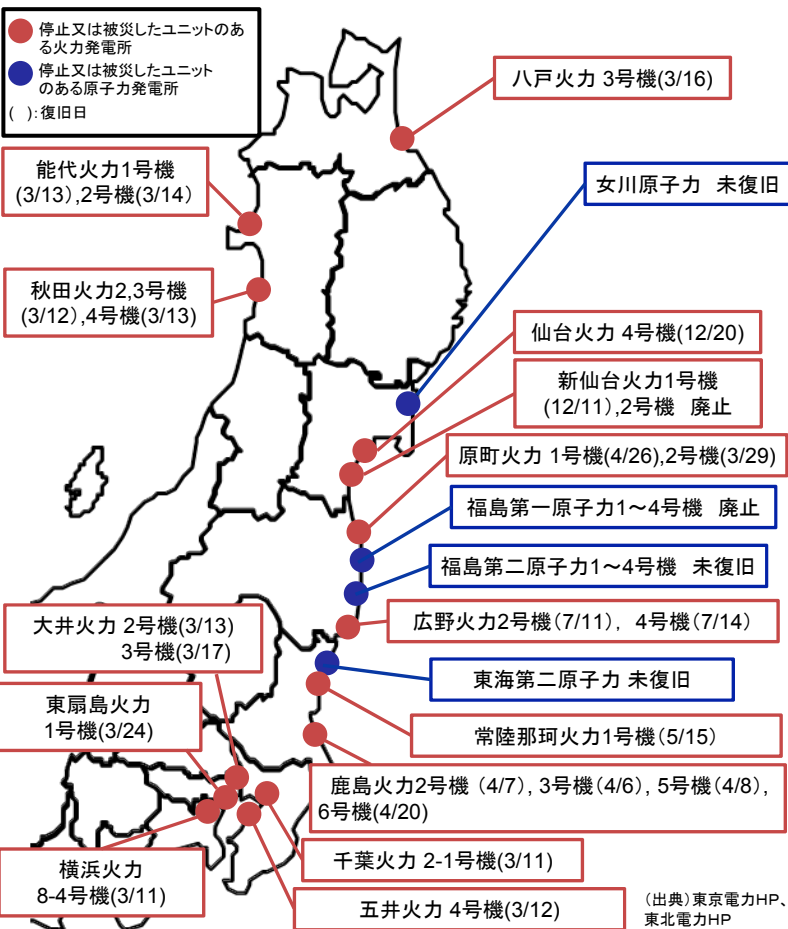
◇市区町村別では、将来において位置的条件および水源水量の関係により、位置エネルギーの活用が比較的難しい茨城、千葉(房総・外房)で、代替水資源を利用することによる削減効果が大きいとしている。



⑦-1 エネルギーの脆弱性 ～東北地方太平洋沖地震発生後の発電施設の被災状況～

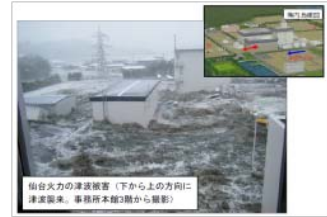
- 東北地方太平洋沖地震発生後、沿岸部の火力発電所及び原子力発電所が被災。原子力発電所は震災後、全て停止中。
- 東京電力管内の太平洋沿岸3火力発電所(広野、常陸那珂、鹿島)では、運転中の7台全てが停止。液状化現象などの被害に加え、津波により電気設備が浸水する被害も発生し、停止中の5台を含め被害を受けた。火力発電所の復旧には約4ヶ月を要したが、水力発電所については、発生の翌日の3月12日に全て復旧。
- 東北電力管内の火力発電所では、運転中の20台中、12台が地震発生直後に停止。そのうち、太平洋沿岸4火力発電所(八戸、仙台、新仙台、原町)では、3台が地震により停止し、津波により1台停止した。
- 送電設備にも被害が発生し、電力供給能力が低下。

原子力発電所・火力発電所の被災施設

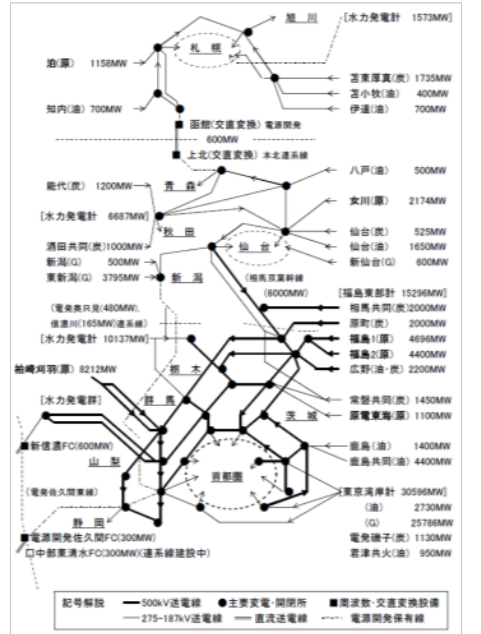


発電施設の被災状況

設備	東京電力	東北電力
原子力発電設備	7台停止	3台停止
火力発電設備	13台停止	12台停止
水力発電所設備	ダム	2箇所
	水路	3箇所
変電設備	変電所 134箇所	75箇所

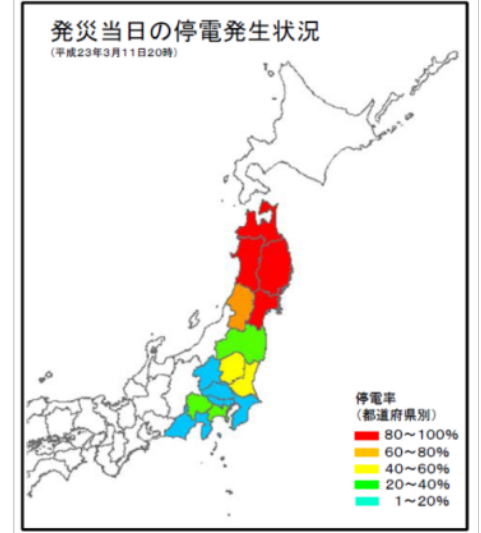
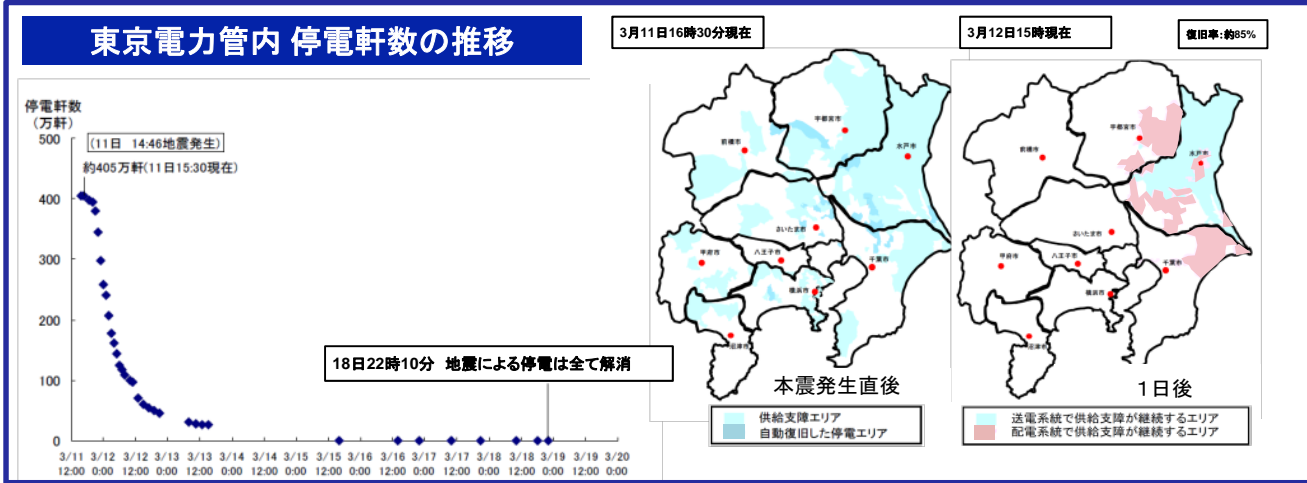


- ・105線路(うち仮復旧または本復旧完了80線路)
 - ・他軽微な被害178線路
 - ・铁塔損壊・折損14箇所、電線断線・がしいし折損22箇所
 - ・地中ケーブル損傷14箇所、地滑り14箇所等
- ※平成23年6月20日現在(東北電力)

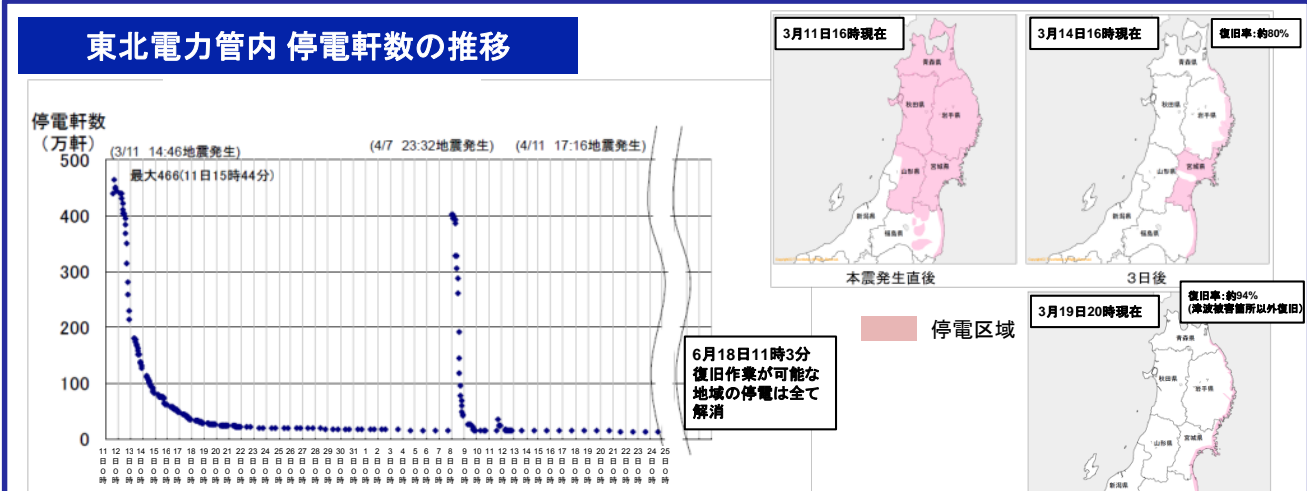


⑦-2 エネルギーの脆弱性 ～東北地方太平洋沖地震発生後の停電の状況～

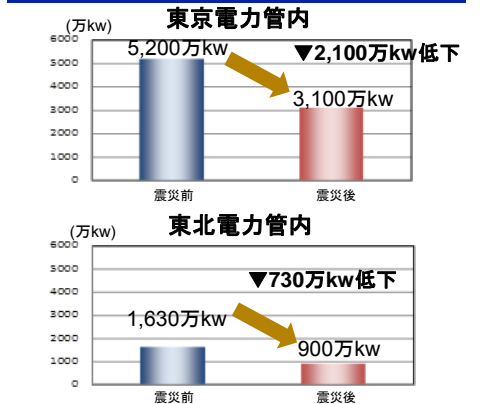
- 東北地方太平洋沖地震発生後、東京電力管内では、最大約405万軒で停電が発生し、全ての停電の解消には、7日を要した。
- 東北電力管内では、最大約466万軒で停電が発生し、全ての停電の解消には、約3か月を要した。
- 東日本大震災発生後、東京電力の電力供給能力は、約2,100万kwが欠落(約40%低下)。東北電力の電力供給能力は、約730万kwが欠落(約40%低下)。



(※)東北電力の停電率=停電戸数/需要家戸数×100%で算出
東京電力の停電率=停電戸数/契約口数×100%で算出



地震発生時の電力供給能力

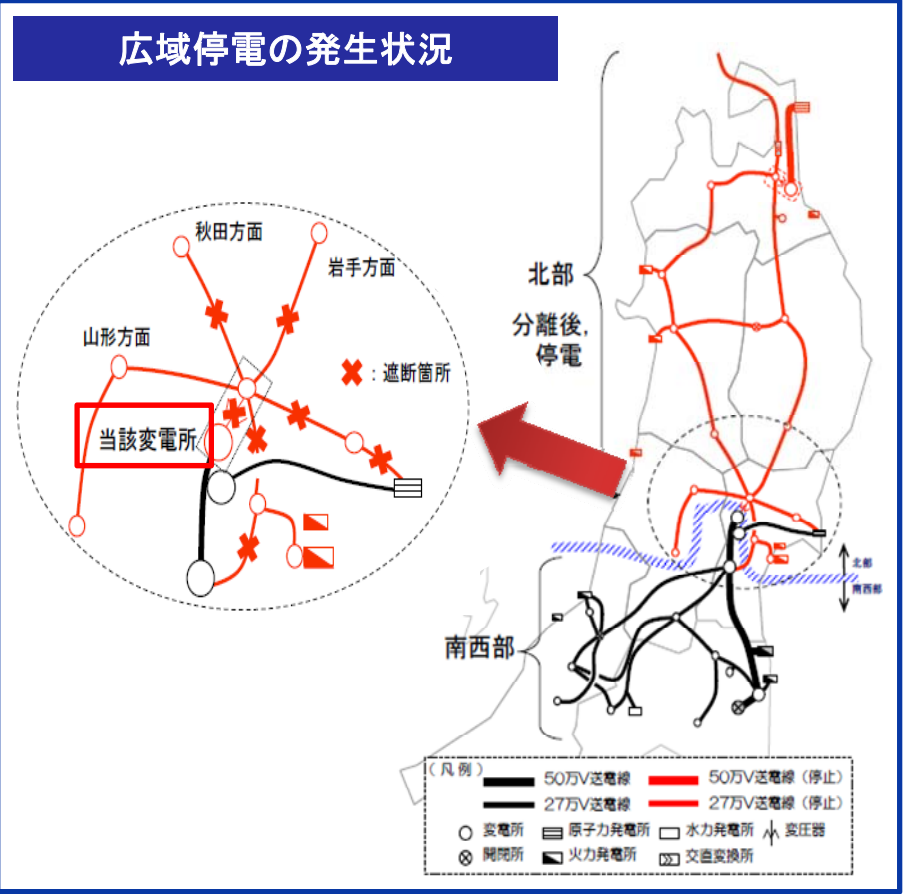


(出典) 経済産業省「計画停電」の実施状況等について(平成23年3月25日)
夏の電力需要対策の骨格(案)(平成23年4月8日)

(出典) 総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会電力安全小委員会電気設備地震対策ワーキンググループ 第2回資料

7-3 エネルギーの脆弱性 ~東北地方太平洋沖地震発生後の広域停電と再発防止対策~

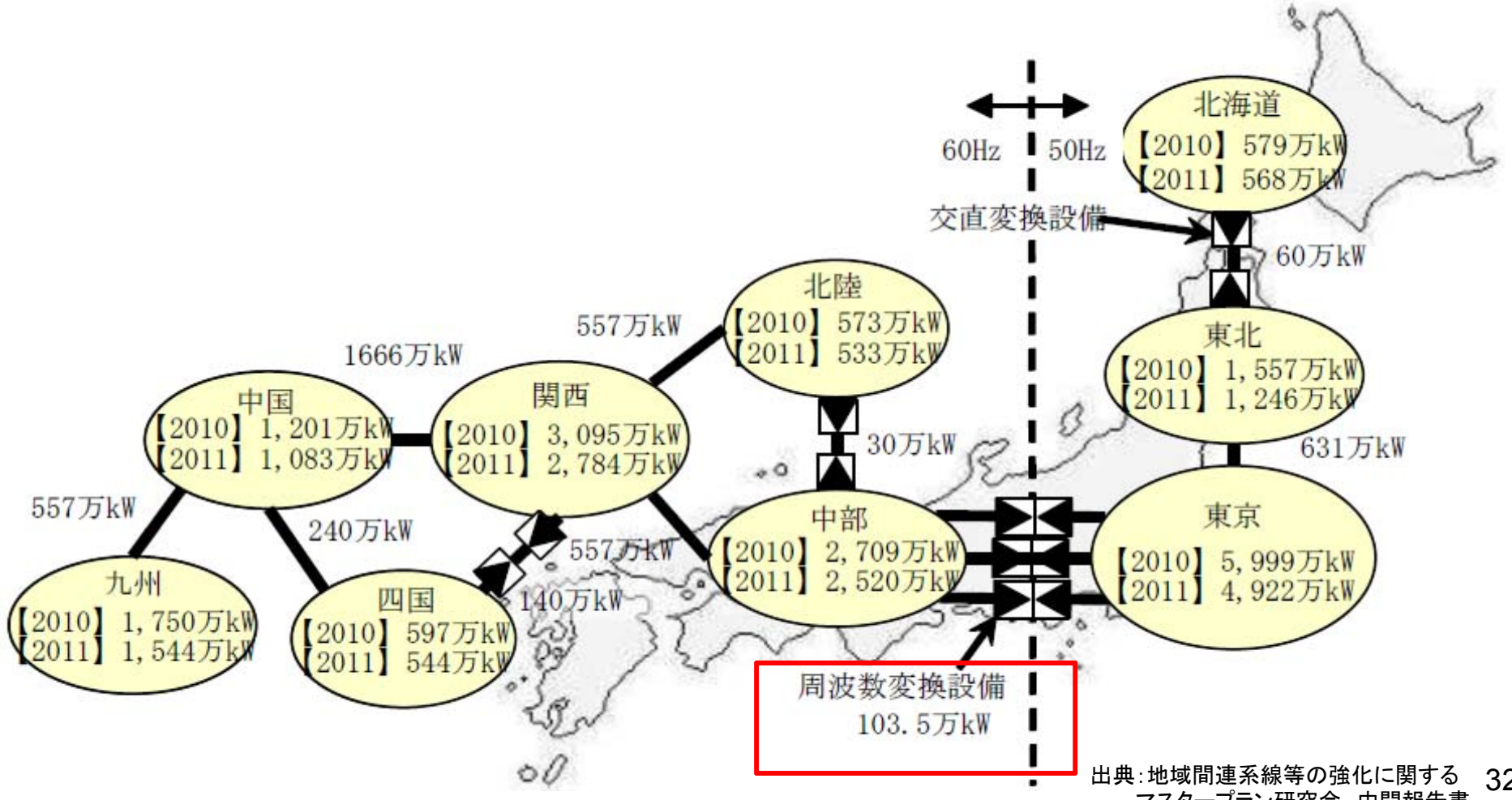
- 宮城県中部にある変電所近傍を中心とした27万V送電線や一次変電所に短絡・地絡がほぼ同時に多発生。
- 設備保全、保安確保のため短絡・地絡設備を系統から遮断。
- 電力系統内の需要が供給力を上回り、周波数・電圧が大幅低下し、火力発電所が停止。北部系統の広域停電発生。
- 震災発生から3ヶ月後の6月18日には、50万V送電線が1ルート追加されることにより、東北北部と南西部の連系が強化された。



⑦-4 エネルギーの脆弱性 ~我が国の地域間連系線等の現状~

○電力の安定供給は電力会社が責任を負っているが、供給予備力を多く持つことは非効率であり、電気事業の総合的かつ合理的発達の観点から地域間連系線等を通じた広域運営が行われている。

○東日本大震災発生に際して、東北電力地域及び東京電力地域の電源設備が被災し東日本の供給力が広域的に不足。西日本からの融通が必要になったが、電気融通量が送電可能限度の103.5万kWに制限された。



- 東北地方太平洋沖地震により発電施設等が被災し、電力供給が逼迫しているなか、水力発電所の発電能力を最大限活用できるよう、ダムを弾力的に運用。
- 東北地方整備局の直轄管理ダムを弾力的に運用し、水力発電の取水量を16ダム合計で約1.7倍に増量。

取り組みの内容

- ・東北地方太平洋地震及び当該地震に伴う津波により発電所施設等が被災し、電力需要が逼迫し、水力発電の能力を最大限活用することが要請されていたことから、東北電力及び東京電力管内のダムにおいて、水力発電の効率を上げるダム操作に積極的に取り組んだ。
- ・東北地方整備局においては、例年、3月から4月にかけて、特に水田へのかんがい用水のため発電を抑えてダム貯水位を貯め上げる操作を行っているが、今般、山間部の積雪による融雪量をきめ細かに予測しながら無効流量を極力減らし、暫定的に発電優先とする操作を実施した。

【発電電力量】 3月17日～18日

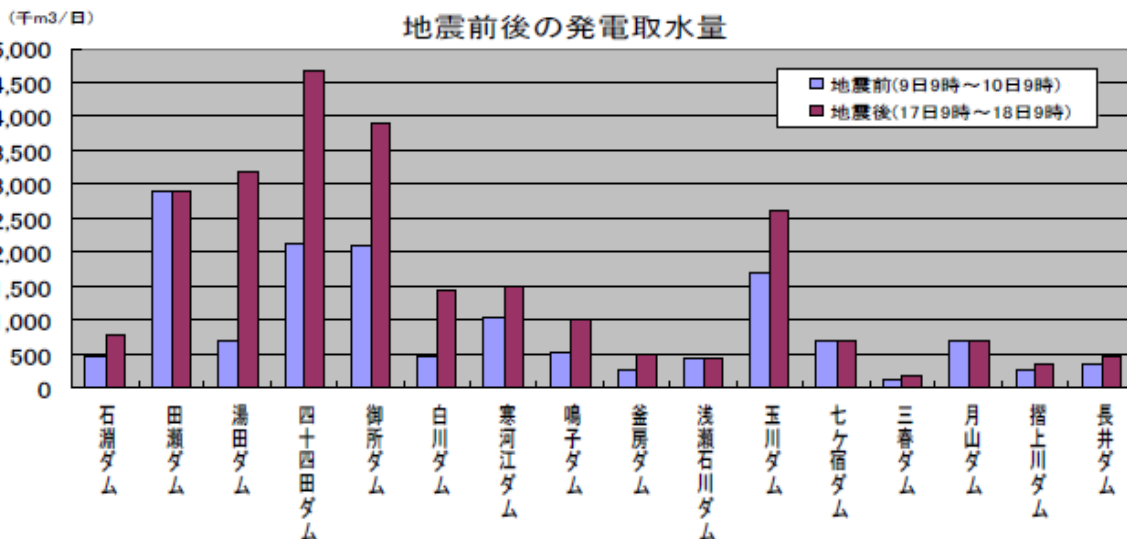
・四十四田ダム

地震前の2.1倍の発電電力量(349MWh)
増電量183MWhは一般家庭19,600世帯分に相当

・御所ダム

地震前の1.7倍の発電電力量(216MWh)
増電量89MWhは一般家庭の9,500世帯分に相当

出典:「東日本大震災時におけるダムの多面的貢献」岡積敏雄(国土交通省)ら、国際ダム会議京都大会論文集、2012、東北電力HPをもとに国土交通省水資源部作成



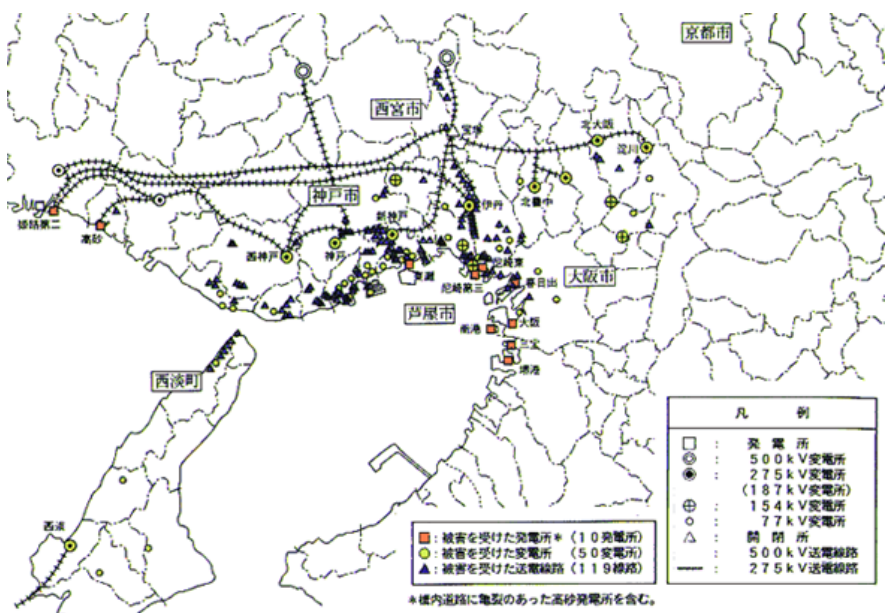
出典:東日本大震災 初動の記録災害時ノウハウ集をもとに国土交通省水資源部作成

⑦-6 エネルギーの脆弱性 ～阪神・淡路大震災発生後の発電施設等の復旧状況～

- 阪神・淡路大震災発生時(平成7年1月17日)、稼働中の火力発電所35基のうち、12基が自動停止。(合計176万kW)
- 地震発生後、260万軒の停電が発生。全ての停電の解消には、約6日を要した。

地震発生時の施設の被災状況・給電状況

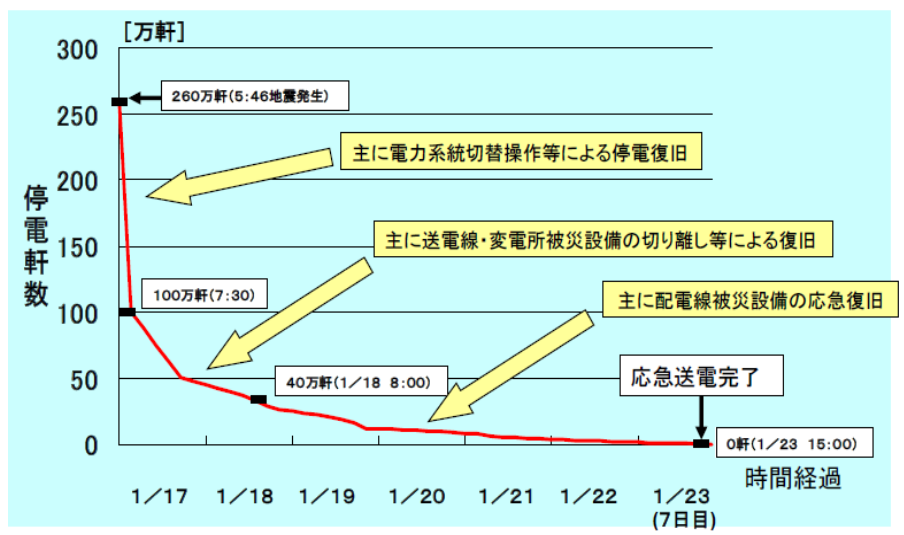
- ・火力発電所10カ所のほか、50カ所の変電所、119の送電線路が損傷。
- ・総需要: 1, 270万kWから940万kWに降下。



被害を受けた発電所・変電所・送電線路の位置図

停電復旧状況

- ・地震発生時260万軒の停電が発生。
- ・2時間後には、電力系統切り替え操作等による停電復旧により160万軒の停電が解消。
- ・送電線・変電所被災設備の切り離し、配電線被災設備の応急復旧等により、地震発生後6日後に全ての停電が解消。



(出典): 原子力安全・保安院 有事における原子力施設防護対策懇談会報告書、東京電力HP、関西電力HP

⑦-7 エネルギーの脆弱性 ~低炭素で自立分散型エネルギーが供給できる社会~

○大規模災害におけるエネルギーの脆弱性の観点から、低炭素で自立分散型エネルギーが供給出来る社会の創出が求められる。

