

# 普天間飛行場基地跡地計画における緑地計画に関する提案型研究その3 - 湧水群の日流量変化を説明する推計式の作成と地下構造の推定による Type 別緑地配置の提案 -

琉球大学大学院理工学研究科環境建設工学専攻 小野研究室 榮野川 優也

## 1. 研究の背景と目的

沖縄県中南部に位置する宜野湾市の普天間飛行場は、平成8年に日米特別行動委員会(SACO)において全面返還が合意された。

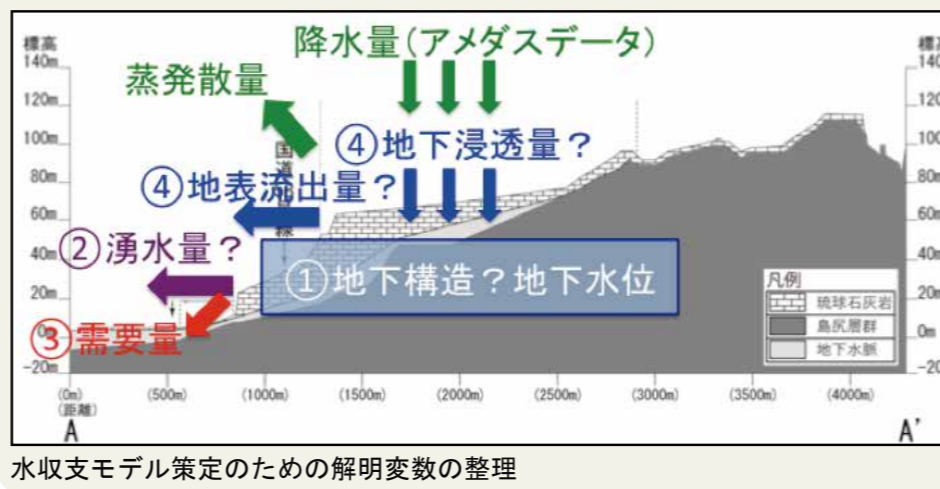
返還合意を受け、平成25年3月に「全体計画の中間とりまとめ」が策定された。

しかし、基地内への立入調査ができないため、タンクモデル等主流となる地下水調査の方法を用いることができない。そのため、地下水収支については年・日別流量及び地下水需要量について不明確な点があった。

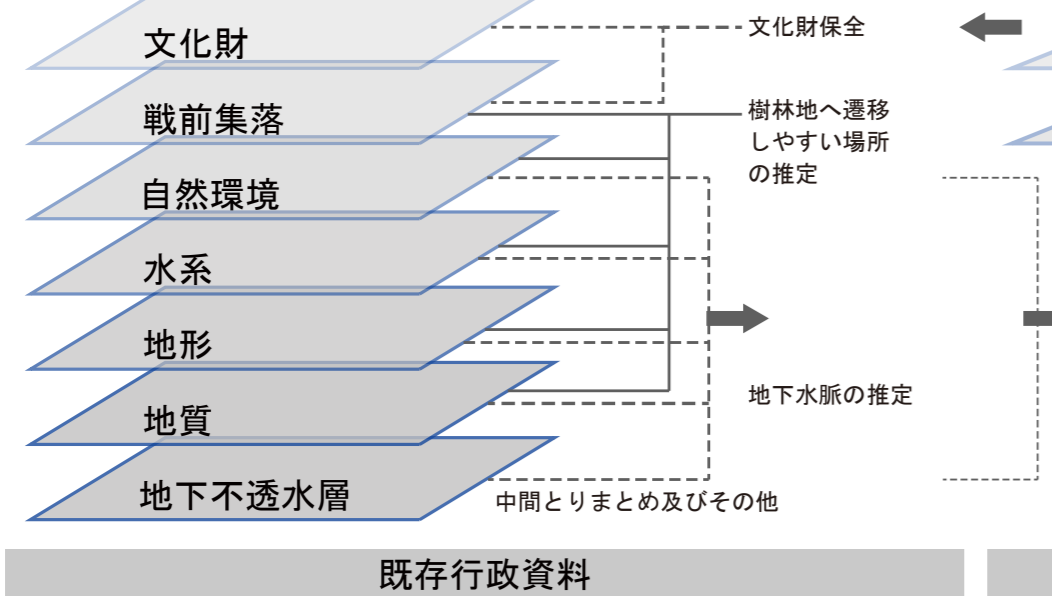
本研究では、地下水の降水に反応する流量の変動及び流出特性を把握するため1年半の湧水量実測調査(延べ507回)と気象庁のアメダスデータより、  
①各湧水の日流量変化を説明する推計式を作成すること  
②当該地域に存在する湧水の水収支と推計式の各項の寄与率などにより、宜野湾の湧水群の変動や特性を把握し、地下構造を推定すること  
③地下水の流出特性と Type 別地下構造の特性を踏まえた緑地配置の検討を行うことを目的とした。

### 現行案の課題と地下水の現状

- ①地下構造、地下水水位  
立入調査ができないことから、調査がなされていない。→(本研究推定)
- ②地下水需要量  
既存の調査データは不足している。→(実測調査及び推定式作成(本研究))
- ③地下水需要量  
平成27年度時点まで調査がなされていない。→H27年度調査で解明
- ④地表流出量、地下浸透量  
平成27年度時点まで推定されていない。→流出係数で理論的に解明



水収支モデル策定のための説明変数の整理



## 普天間飛行場基地跡地計画における緑地計画に関する提案型研究その1

昨年度は、年間湧水量の区間推計及び地下水需要量調査より流域別の緑地配置の必要性について提案。

年間湧水量の実測値の区間推計と表面流出係数を用いた湧水量の妥当性の検証  
実測値については、実測データを用い、母湧水量の区間推計を行った。

理論値については、以下の水収支式を用いて算出した。  
水収支式は、一般に次式で表される。

$$P = E + D + G$$

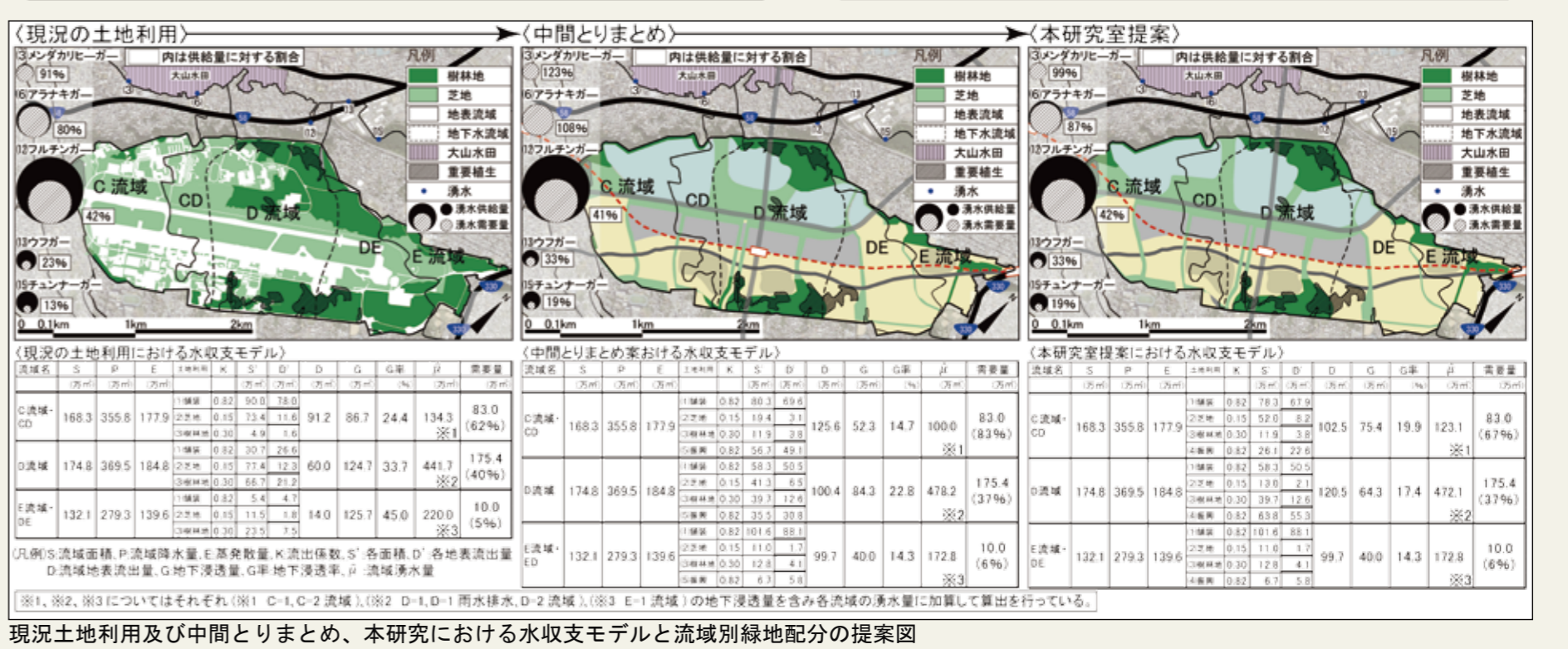
(P: 降水量, E: 蒸発散量, D: 地表流出量, G: 地下浸透量及び湧水量)

地表流出量算出にあたり、流出係数は  
(1)清走路・舗装: 0.82, (2)芝地: 0.15, (3)樹林地: 0.30, (4)畑地: 0.20

実測値	理論値	実測値
C流域 (119.3万m <sup>3</sup> )	$\mu_c = 134.3万m^3$	153.4万m <sup>3</sup>
D流域 (239.8万m <sup>3</sup> )	$\mu_d = 441.7万m^3$	652.9万m <sup>3</sup>

地下水需要量  
宜野湾市の地下水・湧水利用はヒアリングより、家庭用(伊佐、喜友名自治区がそれぞれ80世帯、160世帯使用)、産業用(大山水田、コンクリート業A社、コンクリート業B社、温泉業C社)で年間約270万m<sup>3</sup>の需要が確認された。

用途	需要量(万m <sup>3</sup> /年)	世帯数
産業用	257.80	0.93
家庭用	160	4.52
温泉業	160	160
家庭用(伊佐)	80	80
家庭用(喜友名)	80	80



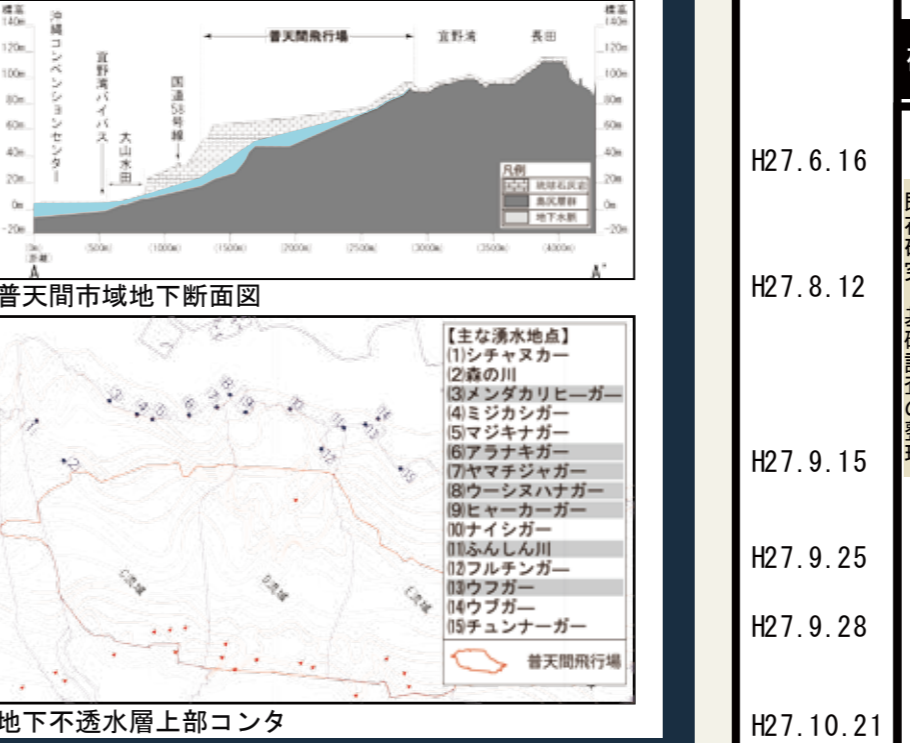
## 2. H27年度研究の成果とH28年度研究の目的、方法

### H27年度研究の成果とH28年度研究の目的

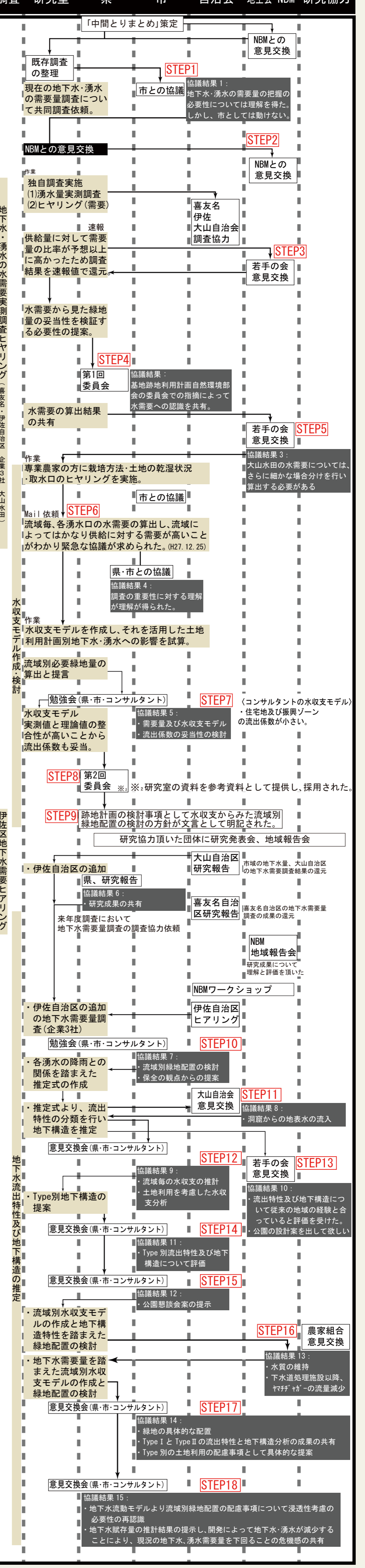
H27年度調査では、実測データを元に平均と分散によって年間湧水量の区間推計を行い、これと表面流出係数の対応妥当性を検証した。しかし、平均と分散では日変動が追えないため、H28年度は、507回の実測データを用いて湧水地点7地点の日降水量に反応した推定式の作成と日別流域水収支モデルの作成を行った。

本研究は、3段階で遂行した。  
第1段階  
流量は長期降水量累計と短期降水量累計で説明ができると仮説を設定し、推定式を作成。推定式の各項の寄与率により、地下水流出特性の分類。各湧水の流出特性と縦断地下断面より地下構造の推定。  
第2段階  
湧水の日流量変化を捉え、降雨に反応する流域別水収支の流動モデルを算出。  
第3段階  
地下水流出特性を踏まえ、土地利用において地下水保全のための緑地配置の検討を行う。

宜野湾市の地質と地下不透水層基盤面の等高線  
宜野湾市の地質は、鳥居層群を基盤に浸透性の高い琉球石灰岩層が覆っているため、地下水の涵養が行われる。  
→そのため、普天間飛行場流域下には豊富な地下水が存在する。  
表流水及び地下水流域は、分水嶺、不透水基盤、下水道により5つに区分(A~E流域(1620ha))される。このうち普天間に関わる流域はC~E流域(480ha)である。



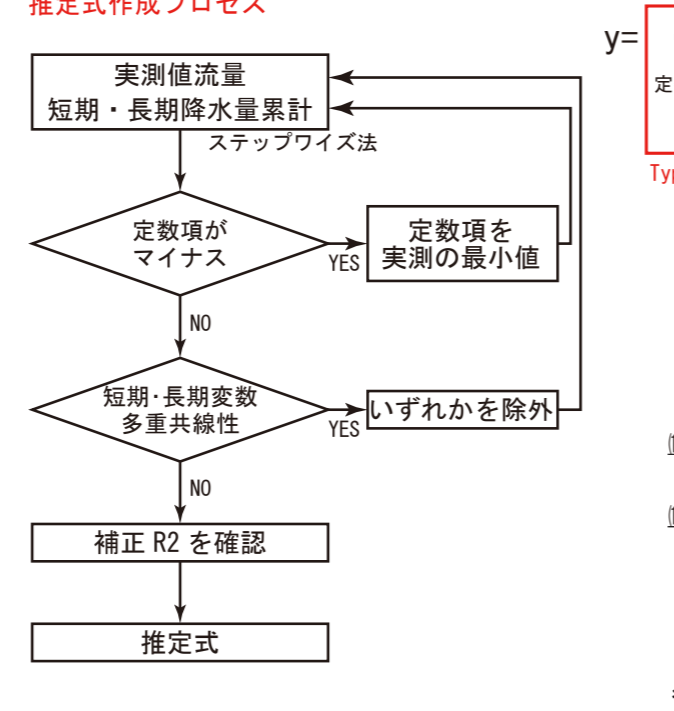
### アクションリサーチ



## 3. 各湧水群の日流量変化を説明する推定式の導出

タンクモデル等主流となる地下水調査方法を用いることができない中で仮説を設定した。降水量累計の長期・短期降水量累計を説明変数とし各湧水の日流量変化を説明する推定式を作成し、各項の寄与率により流出特性及び地下構造を推定する。

Type I	$y = 333.32x_1 + 3.890x_2 + 0.490x_3 - 0.3$	(R <sup>2</sup> =0.77)
Type II	$y = 711.38x_1 + 20.040x_2 + 1.190x_3 - 0.64$	(R <sup>2</sup> =0.64)
Type III	$y = 1222.71x_1 + 19.190x_2 + 2.350x_3 - 0.74$	(R <sup>2</sup> =0.74)
Type IV	$y = 1673.63x_1 + 54.100x_2 + 12.280x_3 - 0.57$	(R <sup>2</sup> =0.57)
Type V	$y = 14.25x_1 + 1.800x_2 + 0.650x_3 - 0.57$	(R <sup>2</sup> =0.57)
Type VI	$y = 218.46x_1 + 9.200x_2 + 1.170x_3 - 0.46$	(R <sup>2</sup> =0.46)
Type VII	$y = 4.32x_1 + 10.380x_2 + 0.280x_3 - 0.61$	(R <sup>2</sup> =0.61)



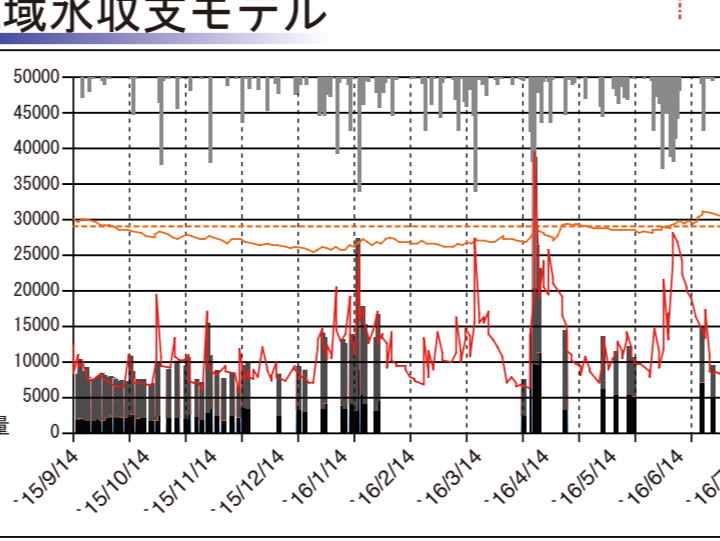
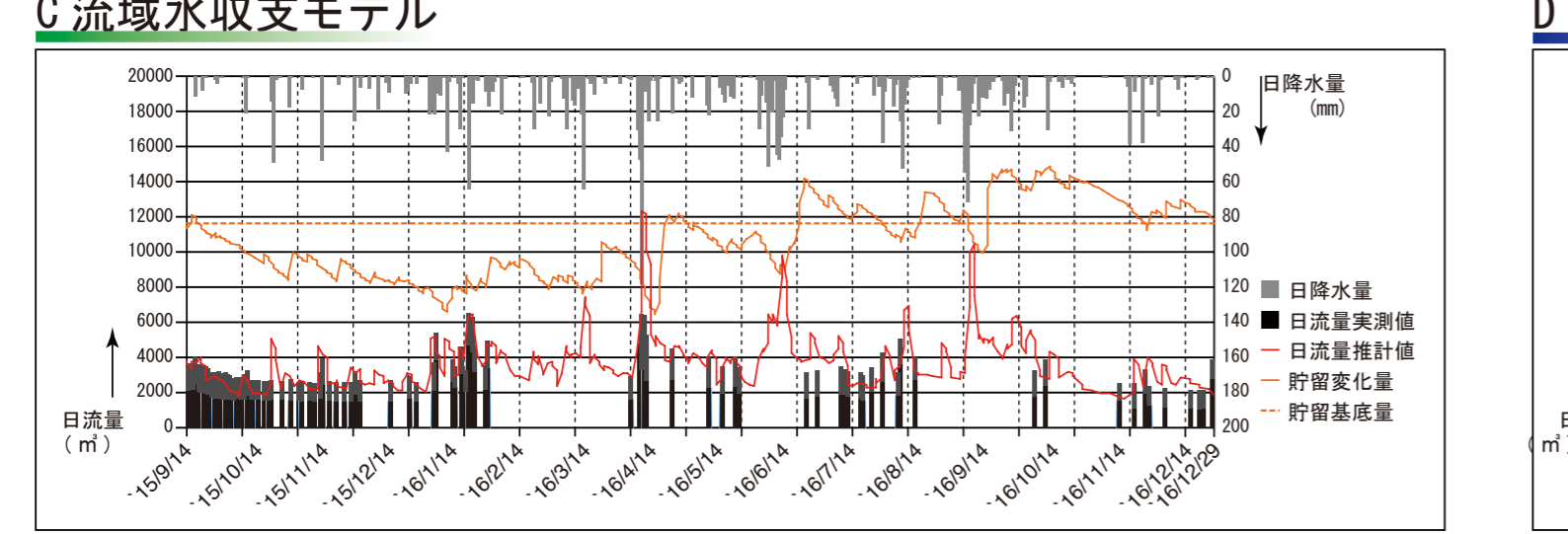
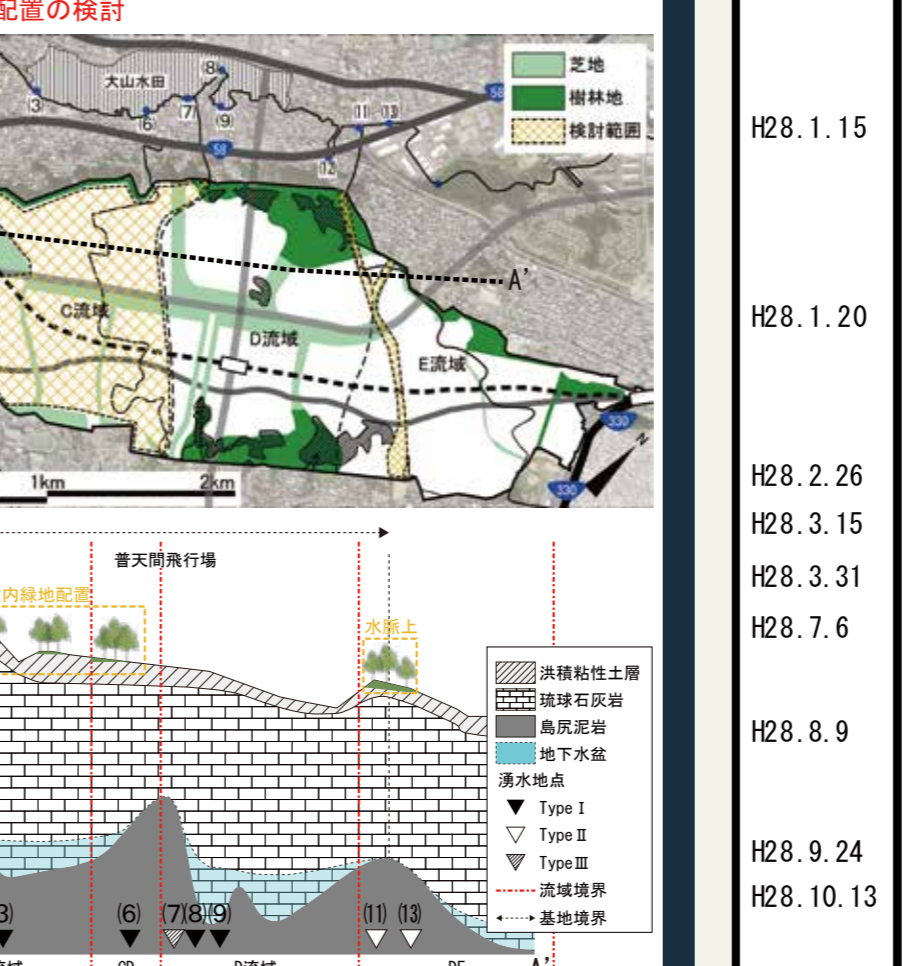
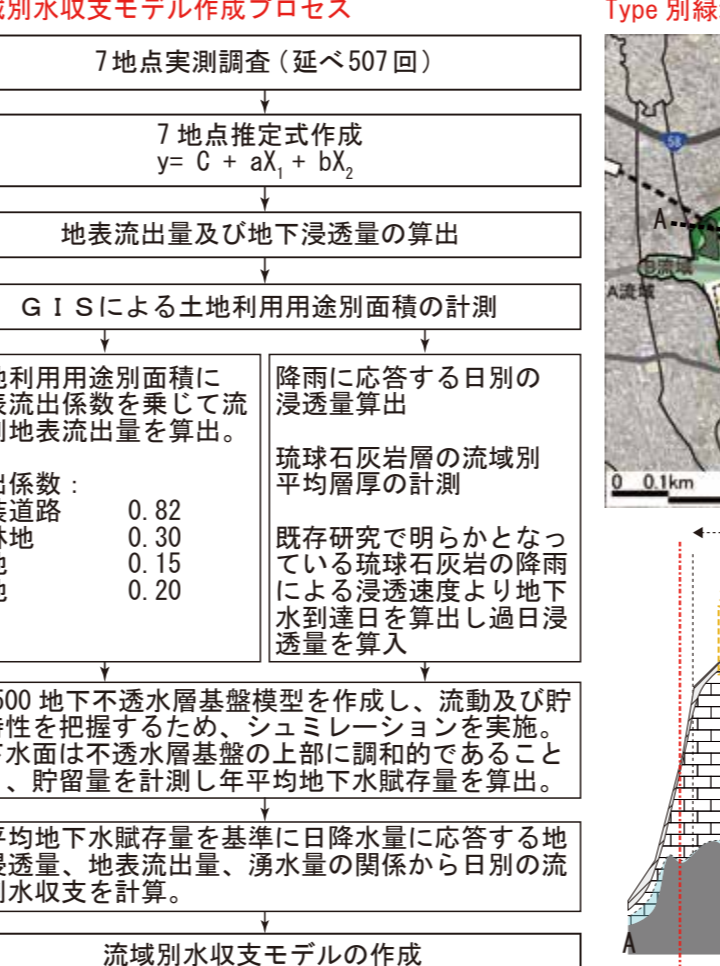
## 4. 湧水の流出特性と Type 別地下構造の特性を踏まえた緑地配置の検討

3章より、日流量変化を説明する推定式が得られたことから、日降水量に対して、地表流出量、地下浸透量、湧水量の関係を捉えることができ、地下水貯流量変化が求められ、流域別の水収支の流動モデルが算出された。

C流域は、流量が安定的であり、また地下水貯流量が多いことから長期的に安定する水源としての積極的な保全検討が求められる。  
D流域は、河川に近い変動で、流量が不安定かつ地表水の混入が多いことから水質が安定せず、地下水貯流量も相対的に少ないことから、水源として長期的に見た場合の優位性が低い。

地下水流出特性及び地下構造を踏まえ、土地利用において地下水保全のための緑地の適切な配置。

水盆内緑地配置 (Type I)  
複数の湧水口が流域内で大きな水盆を共有している場合は、水盆内で緑地配置の移動が可能で緑地の量への配慮が求められる。  
水脈上緑地配置 (Type II)  
琉球石灰岩の帯水層に溜まった地下水が、断層面に沿って形成されていると推測される地下水脈を通して湧出している。地下水脈上に線状緑地の配置が必要。



## 5. 総括

本研究の成果は、以下の①~④です。  
① 立ち入りができず、地下構造が解明できないという課題を抱えている普天間飛行場に対して、昨年度より主な湧水地点7地点において流量実測調査を実施し、現在ほぼ唯一の実測データ(延べ507回)を用いた解析が可能となった。昨年度は、年間単位での水収支についてモデルを作成し、湧水量の実測値と理論値の関係から土地利用用途別表面流出係数を特定し、開発パターン別に影響を示しながら地下水流域別緑地配置の提案を行ったのに対して、本研究においては、実測データを用いた推定式を作成できたことにより、降雨に反応する日別湧水量の変動を捉えることが可能となったことで地下水の流出特性及び地下構造の推定、更に日別の流域別水収支モデルを作成できたことが本研究の大きな成果である。  
② 地下水の流域別流動モデルよりC流域及びD流域を比較すると、D流域では降雨直後に流量の変動幅が大きいため不安定である。C流域では、流量が安定しており、地下水貯流量も相対的に高いことから水源として安定しており、保全が求められる。  
③ E流域は、断層によって生じた弱帯内にある空隙を地下水が流動していくような地下水脈が形成されている可能性があり、地下水脈上のリニアな水源涵養が必要。  
④ アクションリサーチの成果として、全ての調査段階を経ることにより、普天間飛行場跡地計画の中で地下水涵養としての必要な配慮事項が明確になり、特に、地下水利用270万m<sup>3</sup>に対し年間湧水量が640万m<sup>3</sup>であり、地下水貯流量は流域全体で947万m<sup>3</sup>であることが明らかとなった。しかし開発後1/4~1/3に減少することからそれぞれ160~213万m<sup>3</sup>(年間湧水量)、237~316万m<sup>3</sup>(地下水貯流量)まで減少するという事実を解明し、その危機感をH28年度有識者懇談会の場で還元し共有できたことが成果である。