

気候変動下における 四国の水資源政策決定支援システム の開発

平成23年9月26日
那須清吾

高知工科大学社会マネジメントシステム研究センター
東京大学大学院工学研究科社会基盤学専攻

研究内容：予測・評価とマネジメント

(1) 気候変動の「予測の科学」

不確定性の定量的評価を含めてシミュレーション出来る「気候変動予測モデル」および「水資源量および変動量を予測する水文モデル」を構築する。

(2) 気候変動の「影響評価」

気候変動が四国・吉野川流域スケールでの干ばつ・水害・水質汚染に与える影響、社会経済や市民意識に与える影響を評価する為、市民の意識構造ロジックモデルおよび産業連関表などで定量的な評価が可能な利害構造ロジックモデル、これらを統合したアウトカム指標を提案し「社会科学的なインパクトの評価モデル」を構築する。

(3) 気候変動への適応策の「策定」

適応策の時間的制約と気候変動の不確定性の関係を分析し、将来の適用策の便益期待値に基づく政策決定の方法論を研究することで不確定性の定量化情報を考慮した社会的便益を最大化する「適応策オプションの評価および選択システム」を構築する。

(4) 気候変動への適応策の「実施」

上記の(1)～(3)の各モデルの統合シミュレーションモデルによる気候変動の影響・適応策(政策)の評価情報に対して、市民の意識構造モデルを構築することでその反応を評価し、統合シミュレーションモデルに反映するマネジメントサイクルにより、モデル検証、修正する地域経営システムのプロトタイプを構築する。

研究予定：

概ね、2年間(平成22年度～平成23年度)で統合シミュレーションを概成し、平成24年度より、マネジメントサイクルの中で検証する。

地域経営システムは、市民等との相互対話により平成26年度まで検証する。

1. 全体の研究目的

気候変動の影響を考慮した水循環、水利用、水環境の自然現象から社会現象に至る統合シミュレーションモデルの開発によって、四国および吉野川における水資源管理面での気候変動の適応策の合意形成に資する定量的情報の提供を目指す。

気候変動による水資源の変化や洪水・干ばつなどの自然現象と、その社会経済への影響に対して適切な適応策を選択し、地域が納得する方法で水資源政策を決定するため、「気候変動予測モデル」、「水資源量および変動量を予測する水文モデル」、「社会科学的なインパクトの評価モデル」、「適応策オプションの評価および選択システム」の統合シミュレーションモデルを四国・吉野川流域において構築する。さらに、この統合シミュレーションモデルによって提案される適応策（政策）により、行政と市民、利害関係者の相互理解と政策調整に基づいて実現する地域経営システムのプロトタイプを提案する。

2. 年度毎の達成目標

[平成22年度]

気候変動の影響および政策シミュレーションを実現する気象学、工学、社会科学の統合シミュレーションモデル、この情報に基づく適応策による市民対話による地域経営システムのプロトタイプに関わる第一次の基本構造を構築する。

[平成23年度]

気候変動の影響および政策の統合シミュレーションモデルの第一次案を構築するとともに、地域経営の、地域経営システムのプロトタイプの第一次案を構築する。

[平成24年度]

気候変動の影響および政策の統合シミュレーションの精度を向上し、社会シナリオを設定した上で、実装検証による地域経営システムの第二次案を構築する。

[平成25年度]

地域経営システムにより、気候変動予測の精度に対する市民の反応、適応策が発現された後の便益構造・意識構造変化を踏まえ、市民対話による適応策およびその評価モデルを進化させる全体システムを構築し、有効性を確認する。

[平成26年度]

気候変動の統合シミュレーション、地域経営システムの研究期間中の社会経済環境変化の影響分析を含む有効性を確認し、適応策のオプション選択を含む一般システム化を、構築プロセスを含めて実施する。

(2) 気候変動インパクトを予測する統合モデル

DIAS

IPCCの気候変動報告全球規模気候変動予測モデル(25モデル)

20世紀気候再現実験モデルアンサンブル
及び、四国・吉野川流域の再解析データ

2050年・2100年気候変動
予測モデルアンサンブル

気候変動モデル
(理学モデル)

バイアスの定量化

降雨予測モデル

水文現象構造モデル

インフラ運営方法モデル

水質・水量
(洪水、平水、
地下水、湧水)

干ばつ・洪水確率モデル

水資源量予測モデル

水文モデル
(工学モデル)

工学的インパクト評価

経済・生活等インパクト評価

政策立案(インプット)
(需要および供給の制御)

生活:ロジックモデル
産業:産業関連モデル
環境:モニタリングモデル

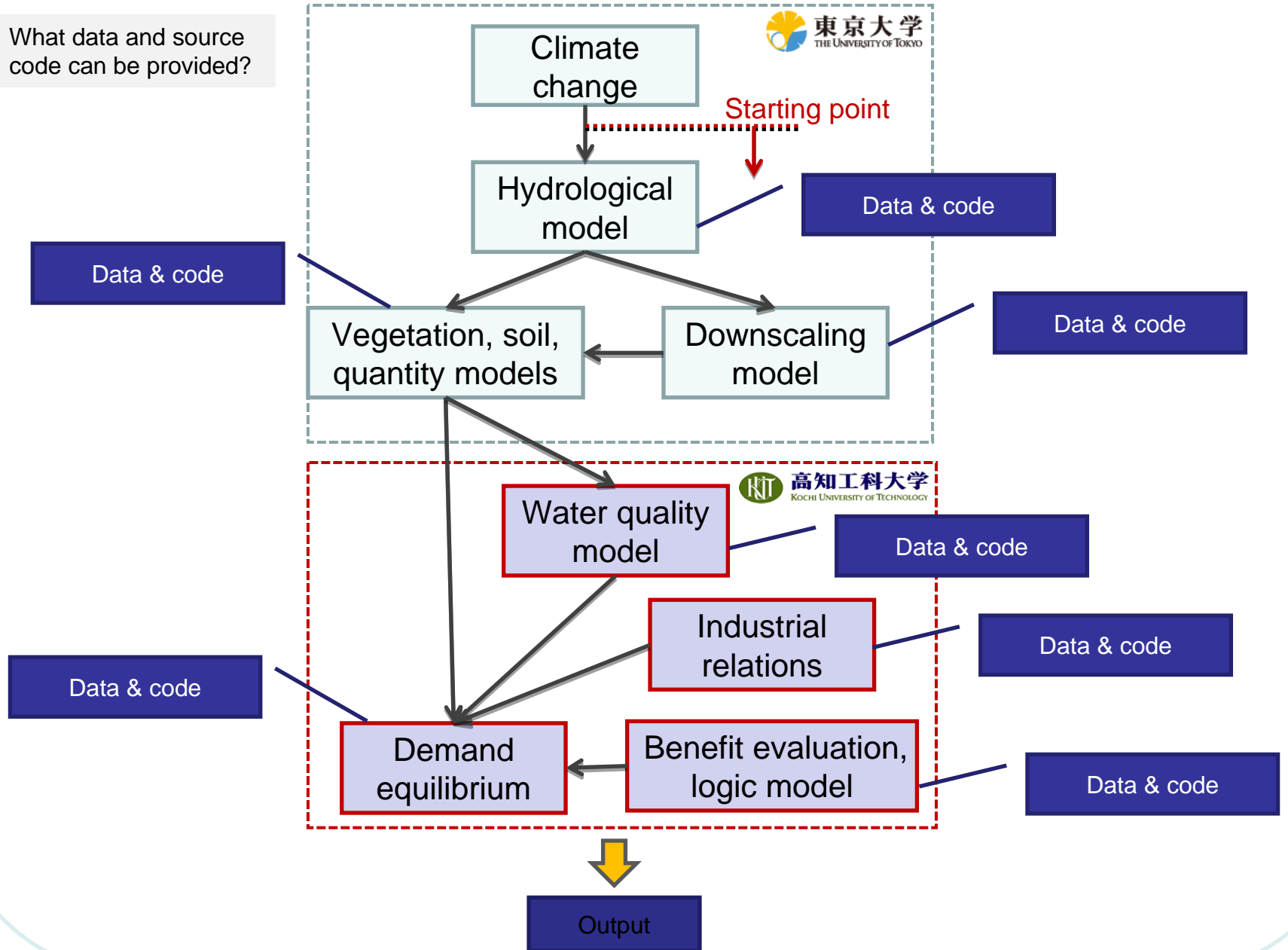
社会・経済の便益評価モデル
(意識ロジックモデル、産業関連モデル)

水資源配分シナリオ

社会経済モデル

気候変動インパクトの統合予測プログラム

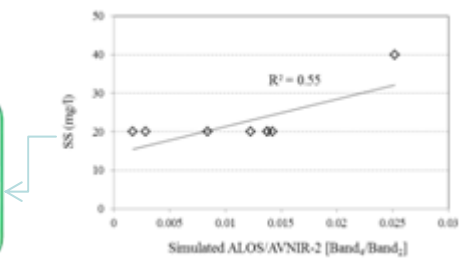
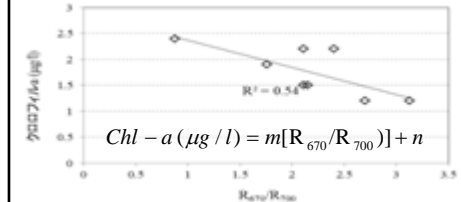
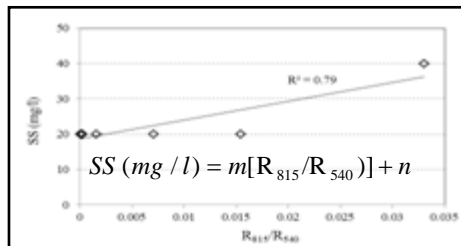
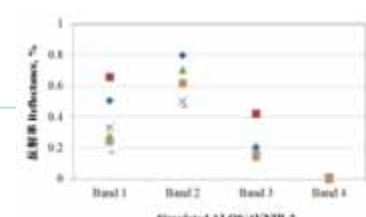
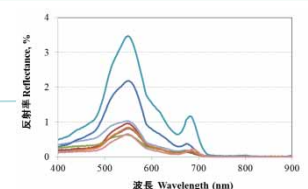
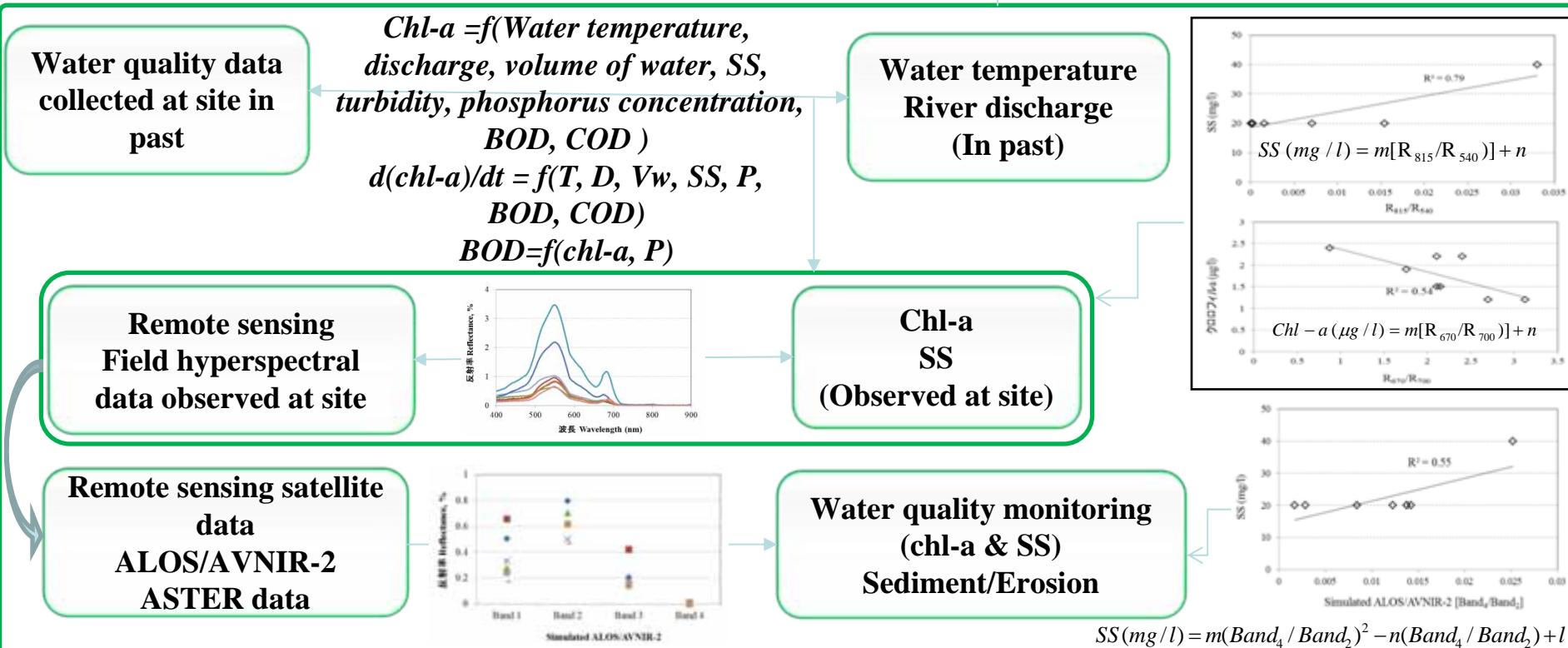
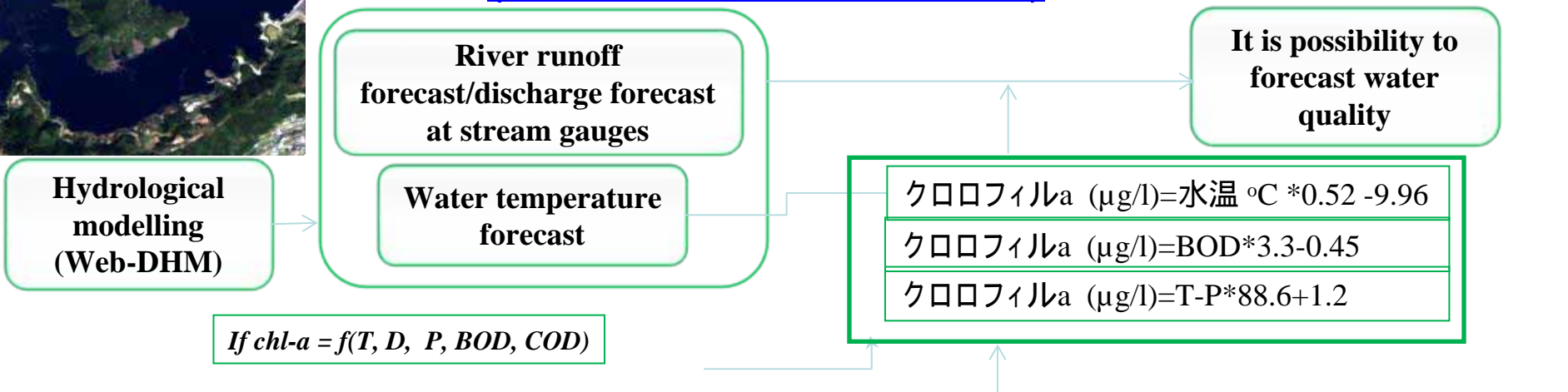
What data and source code can be provided?





水質予測モデル基本構造

(分光反射特性 衛星データ 水質)



(3) 気候変動への適応策の「策定」

水資源の需要供給均衡分析に基づく政策評価システム

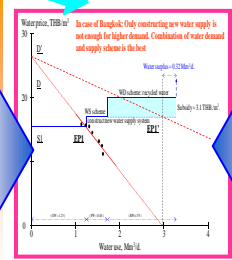
- 2
- 水需要モデル(弾力性モデル)
 - 需要モデルのシフト予測
(生活、産業、農業、環境)
 - 水供給モデル(コストモデル)

- 1
- 理学・水文モデル
 - 気候変動モデル
 - 水資源の将来予測モデル

- 経済・産業計画
- 各県の計画に基づく、将来の産業連関モデル
- 各産業の水使用原単位

- 社会資本の整備および運営
- 水資源配分システム
- 水資源価格政策
- 水資源への補助金
- 水資源利用の効率化(リサイクル、リユース、レデュース…3R)
- 産業・農業等の水利用政策
- 法的な水利用制限

産業・農業・生活等の活動
産業連関モデルによる水需要総量の算出



水資源供給量

- 地下水
- 水道水
- 表面水、ため池等

(均衡分析モデル)

- 地域毎の水資源配分シナリオの設定
- 地域毎の政策設定
 - 地域毎の産業連関表と原単位モデル
 - 地域毎の生活水原単位モデルと総量モデル

リアルオプションの設定

- 3
- 意識ロジックモデルによる便益評価
 - 産業連関モデルによる便益推定

- 4
- 地域毎の各便益量の推定
 - 便益評価モデル
 - 総便益評価に基づく政策評価モデル

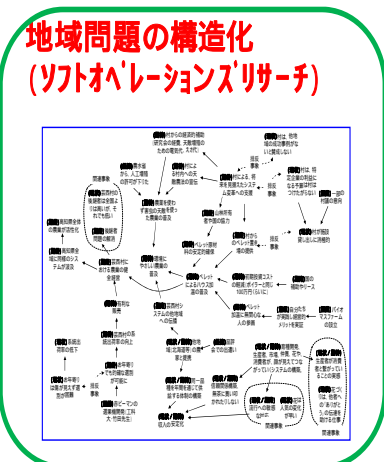
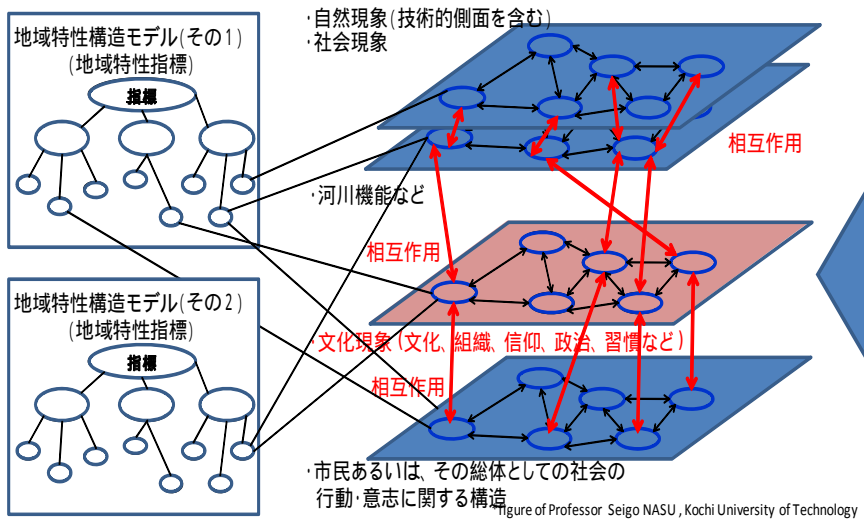
4 - 地域毎の各便益量の推定

便益評価モデル

総便益評価に基づく政策評価モデル

自然・社会現象から政策・施策・経営システム構築へ

地域特性を代表する指標



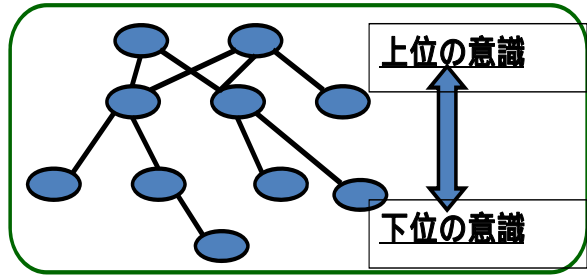
産業連関を含む技術的に計算可能な指標

技術構造アウトカム

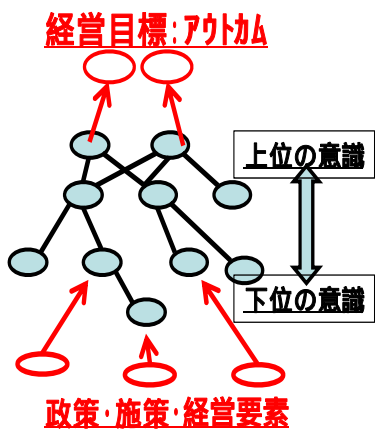
便益評価ロジックモデル
全体アウトカム

意識構造アウトカム

ロジックモデル



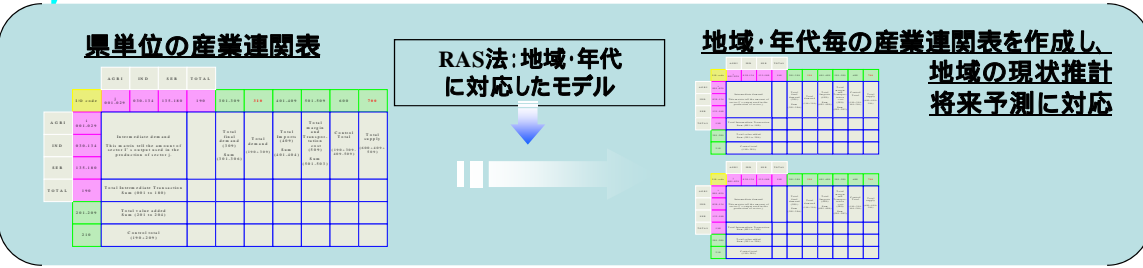
事業とのリンク



*figure of Professor Seigo NASU, Kochi University of Technology

4 - 地域毎の各便益量の推定 便益評価モデル

- 政策効果の予測ステップ・・・政策シナリオの設定



水供給マネジメント
スキーム

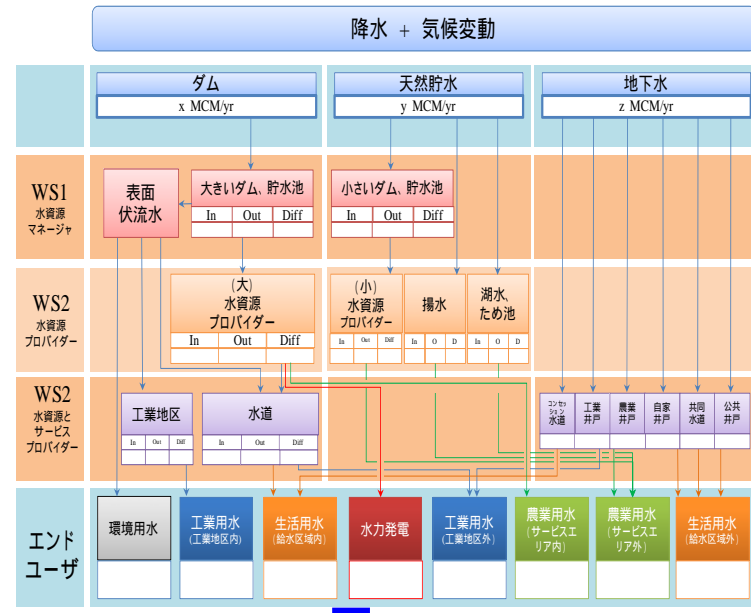
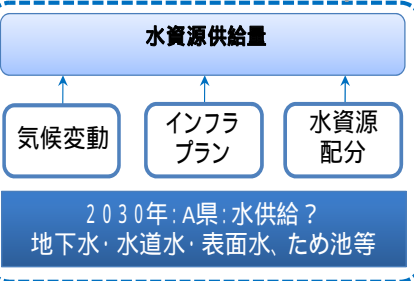
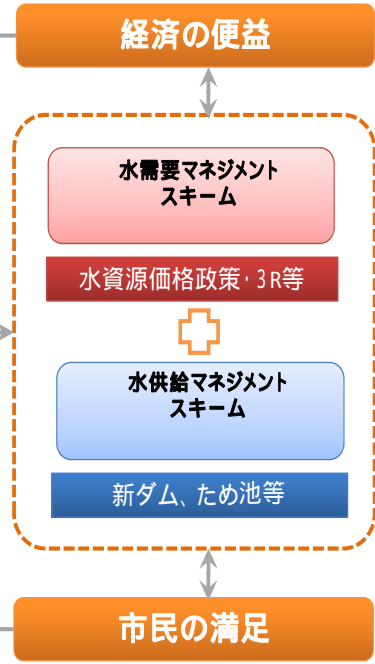
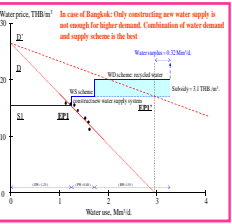
- 新たな水資源の開発: ダム、ため池、地下水等
- 既存の水資源開発施設の活用・保全: ダム、ため池、地下水等
- 他の流域の水資源配分のインフラ: 香川用水
- 農業用水路の整備・保全と水道水の漏水防止の促進
- 海水淡水化: 価格?
- 新ダムオペレーション(貯水↑治水↓等)
- 流域内外の水資源林の保全
- 雨水利用施設

水需要マネジメント
スキーム

- 河川法、工業用水法、水道法等
- 水資源価格政策
- 水利権: 農業・水道・工業等
- 効果的な節水啓発の展開
- 割当水: 渇水時→水資源配分のスケジュール
- 渇水・緊急時の的確な対応: 渇水時の対応の手引き、データベース等
- 3R: リデュース・リユース・リサイクル
- 上下流の交流と相互理解の促進
- 節水型機器等の普及促進

ターゲット

シナリオ



水需要をすべて、連関構造に組み込む「広義の連関表」を提案

RAS法による将来の産業連関表の推定

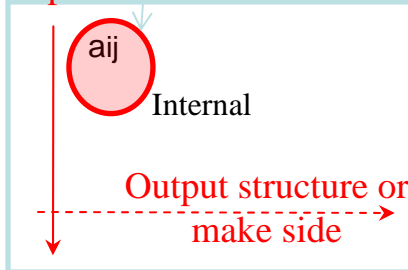
水需要構造を連関構造に組み込む方法

水需要構造をすべて、連関構造に組み込む「広義の連関表」を提案

Water Demand Proportional to input

Water Resource
Ecological factor
(Commodity)

Input structure or use side

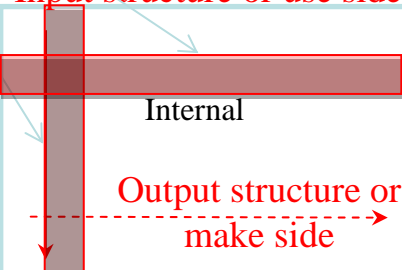


Final Demand

Total Output



Input structure or use side



Final Demand

Total Output

Value Added

Total Input

Value Added

Total Input

現在の水需要構造を正確に再現するとともに、社会シナリオに従って、将来の水需要構造および量予測を直接行う。

Direct Calculation of Water Demand and Supply

市民の問題認知マップおよび意識構造ロジックモデル

問題認知マップの作成

市民の問題意識の構造化(認知マップ)は、市民意識および問題構造を共に含んだものになる。

気候変動に関する知識・情報、その精度や影響について知らない原因も含めた構造化を行う。

(注)市民は、現状を踏まえた認識や満足を持っており、認識構造全体を知っている訳ではない。従って、投げかけた仮説としての意識構造に対する認識を確認する。例えば、満足している事柄はインタビューでも明らかにならないので、既存の暗黙知から導かれる要素を加え、市民に聞く必要がある。

行政の政策的対応や現状の水資源量や享受している権利等の社会環境条件の影響も含める。

必ずしも吉野川などの河川を意識して生活している市民が分析対象ではないので、水問題一般について必要に応じて意識構造に含め、市民感覚での違和感を排除する。

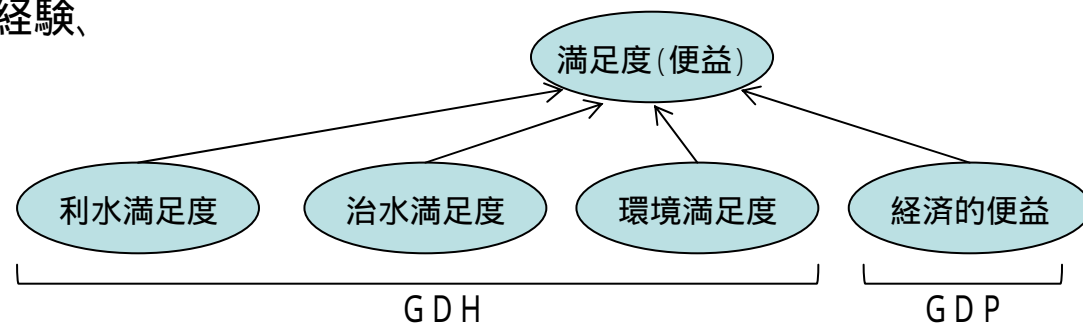
四国4県の問題認知マップから、地域間の差異を認識するための統合された問題認知マップを作成する。

意識構造ロジックモデル

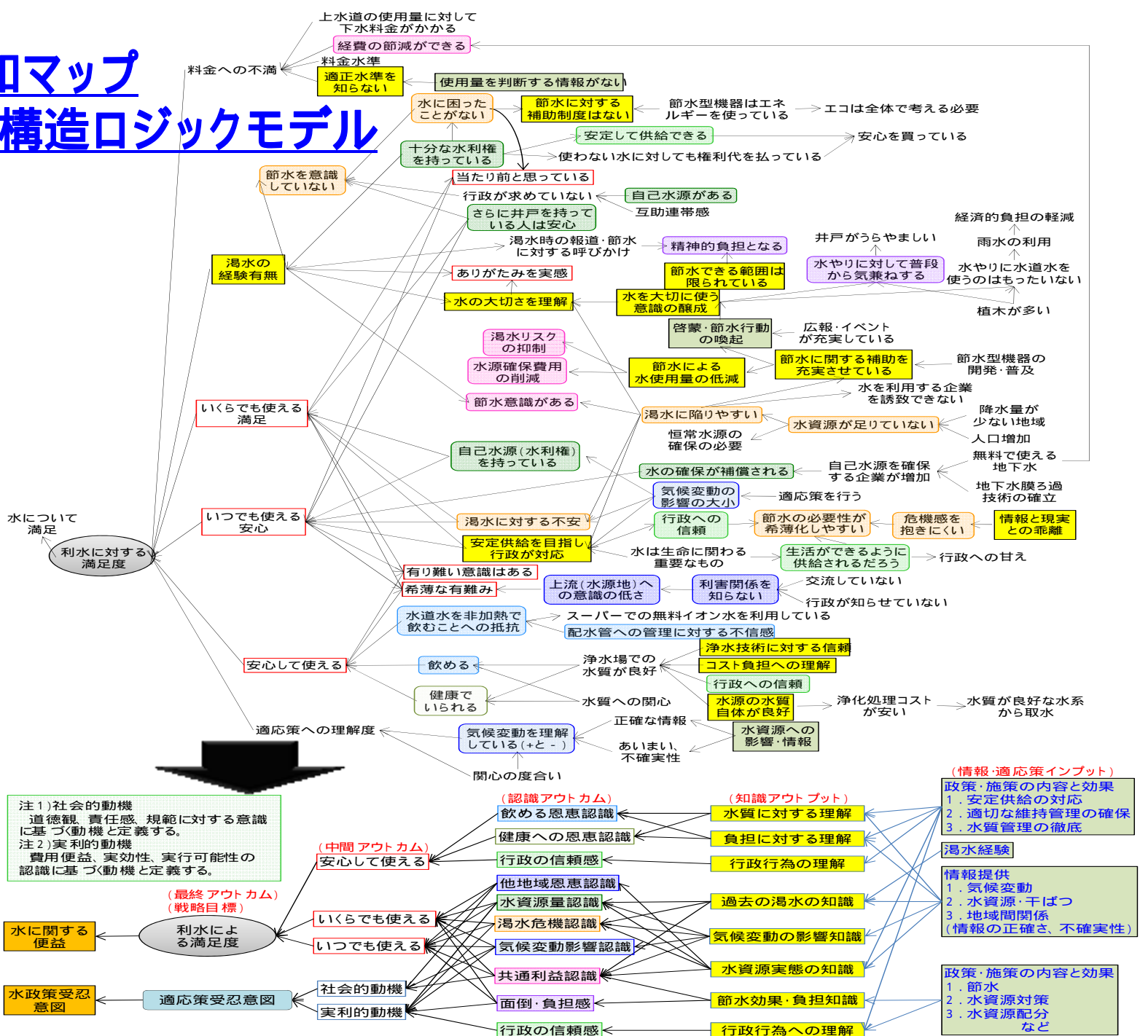
統合された認知マップから類似する意識要素を統合する方法で、技術的に算出出来る経済的利益を除く市民の満足度を意識構造ロジックモデルとして構造化する。

さらに、意識構造ロジックモデルを階層化するとともに、最下層にはインプット要素としての情報、経験、政策・施策を構造化する。

意識構造ロジックモデルによりアンケート調査様式を作成する。

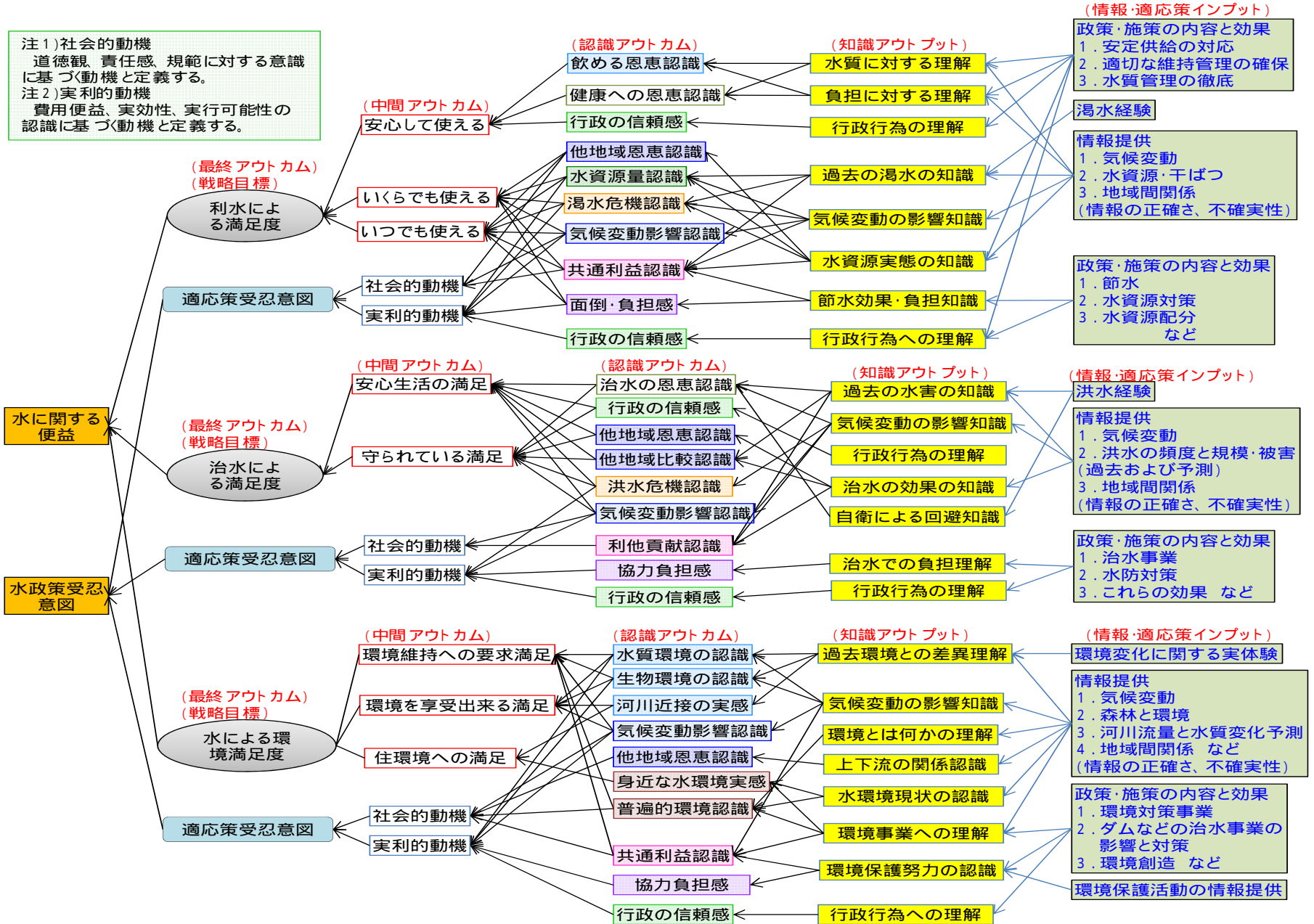


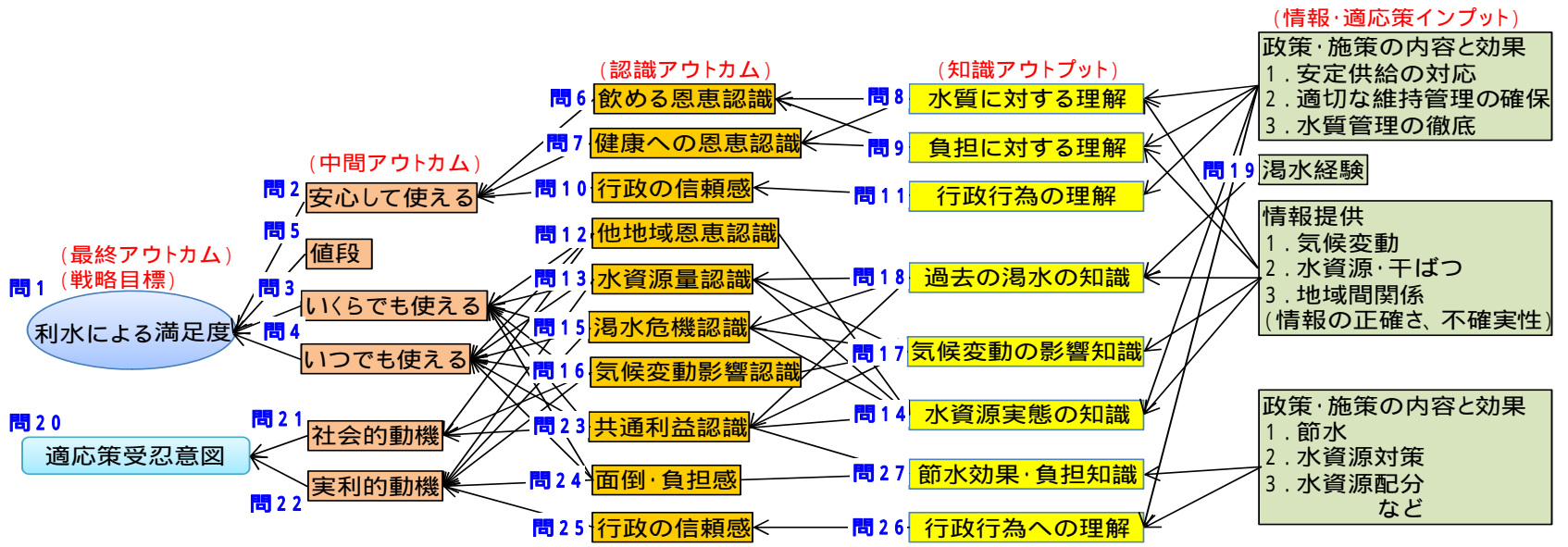
問題認知マップ から意識構造ロジックモデル (利水)



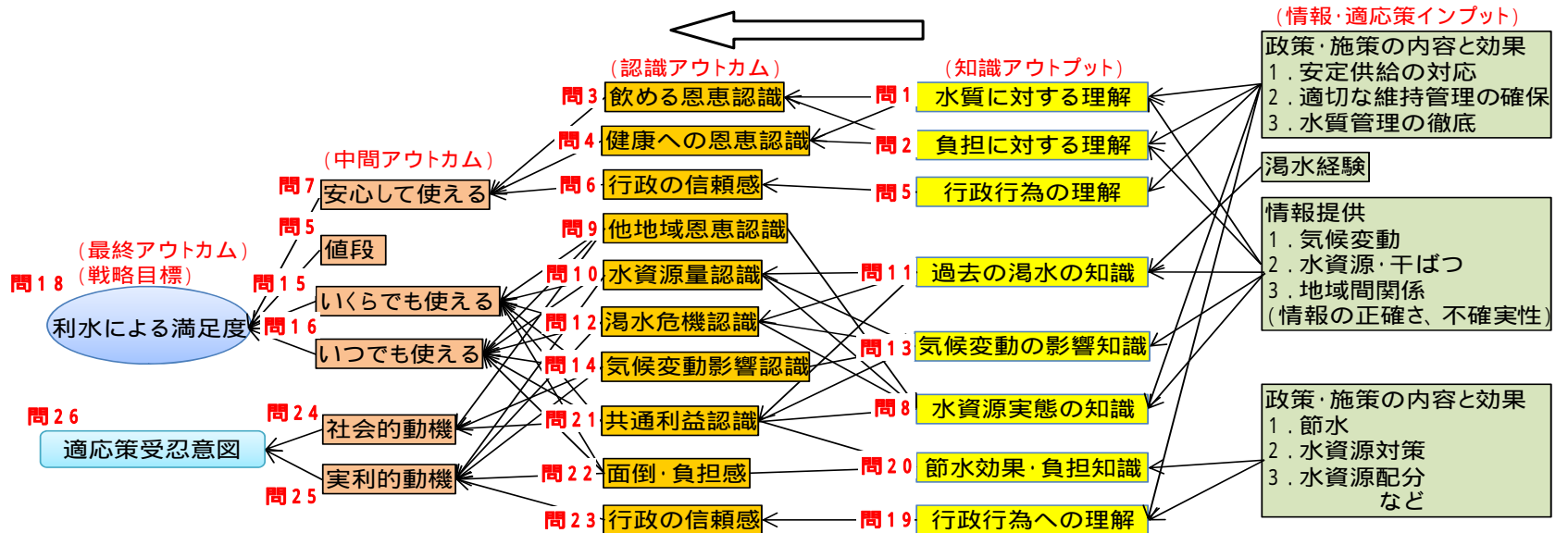
水に対する満足に関わる意識構造ロジックモデル

(但し、経済的満足は除く)





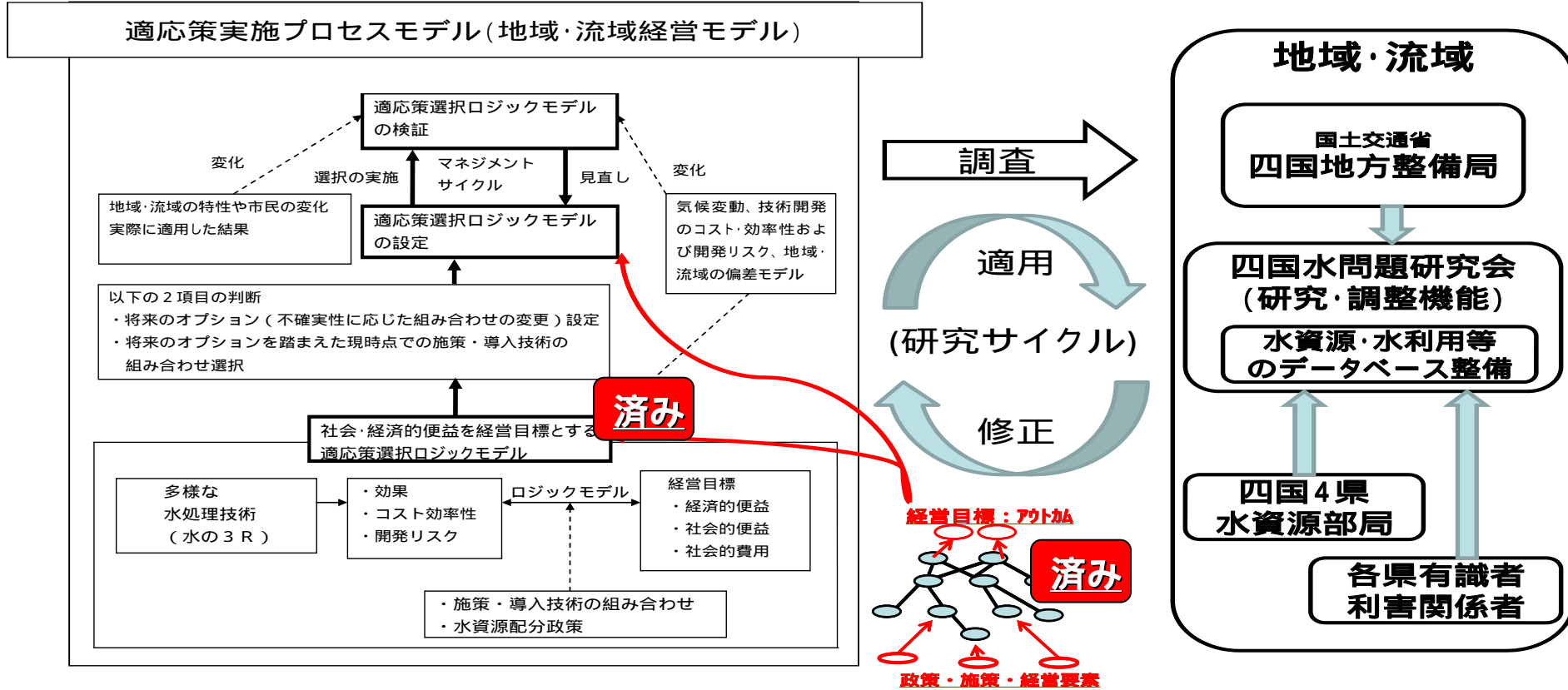
事前アンケートの設問の順番



事後アンケートの設問の順番

(4) 気候変動への適応策の「実施」

研究者の研究プロセス = 政策決定者の施策行為



(A) 地域経営システムのプロトタイプ

- 1) 経営目標のロジックモデル、政策評価ロジックモデルを設定し、市民や利害関係者の反応を予測。
- 2) 相互理解と政策調整を実施するプロセスを設定し、反応を確認し、モデルへフィードバックを繰り返す。

(B) 実際に地域経営システムのプロトタイプを試行し、仮説としてのプロトタイプを検証し、仮説修正を行う。

(C) (A)(B)二つのプロセスの相互フィードバック(マネジメントサイクル)による研究プロセスから、地域経営システムのプロトタイプの在り方を検証することで、地域経営における適用性を検証する。

シンポジウムの目的とアンケートの実施概要

シンポジウムでは、ヒアリングを通して作成した水に対する満足に関わる意識構造ロジックモデルに基づくアンケートを実施することも一つの目的としており、定量的分析を行う上で、信頼性の観点から各県 300 人規模のシンポジウムを予定していた。

シンポジウムの実施状況

	開催日	会場	参加者数
徳島県	2011年3月19日(土)	徳島ホール	71人
香川県	2011年3月12日(土)	サンポートホール高松	40人
愛媛県	2011年3月13日(日)	愛媛県女性総合センター	32人
高知県	2011年2月19日(土)	高知市文化プラザかるぽーと	70人

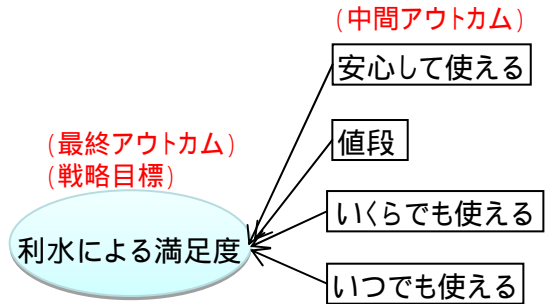
参加者数を見て分かるように、アンケート結果を持って定量的な分析を行うためにはサンプル数をさらに確保する必要がある。そこで、できる限りシンポジウムに近い形でアンケート調査を行えるように、講演内容を読み物として資料を作成し直した。この資料を情報提供として扱い、シンポジウム同様に事前アンケートに回答してもらい、資料に目を通した上で事後アンケートに回答してもらった。この形式での追加アンケートは、四国整備局及び各県・市の協力のもと配布により行った。また、インターネットアンケート会社を通じて、四国在住の方を対象に Web アンケートも同じ形式で実施した。

表 4.1.1b アンケート回収数

	徳島県	香川県	愛媛県	高知県
シンポジウム	71	40	32	70
配布アンケート	132	222	81	138
Web アンケート	183	178	181	171
計	386	440	294	379

(平成23年5月30現在の状況)

4県全体の分析結果： シンポジウム参加者とその他 (Web + 配布) との比較



	徳島県	香川県	愛媛県	高知県
シンポジウム	71人	40人	32人	70人
配布	132人	222人	81人	138人
Webアンケート	183人	178人	181人	171人
計	386人	440人	294人	379人

◆利水による満足度の重回帰分析の結果

(情報前)				(情報後)			
回帰統計				回帰統計			
重相関 R	0.817			重相関 R	0.781		
重決定 R2	0.667			重決定 R2	0.610		
補正 R2	0.660			補正 R2	0.603		
標準誤差	0.441			標準誤差	0.417		
観測数	208			観測数	208		
	係数	標準誤差	t		係数	標準誤差	t
切片	0.121	0.084	1.442	切片	0.155	0.072	2.155
(問2) 安心	0.562	0.063	8.963	(問7) 安心	0.148	0.048	3.060
(問3) いくらでも	0.167	0.052	3.195	(問15) いくらでも	0.052	0.054	0.971
(問4) いつでも	0.000	0.065	-0.006	(問16) いつでも	0.340	0.063	5.414
(問5) 値段	0.078	0.027	2.875	(問17) 値段	0.156	0.027	5.683

●使いたい時に好きなだけ利用できるという
利便性よりも水を安心して使える安全性で
説明できることを示している。

●情報提供後、使いたい時水をいつでも使える
満足が高まっている。

いつでも使えるという当たり前と認識してい
たことに変化が生じたものと考えられる。

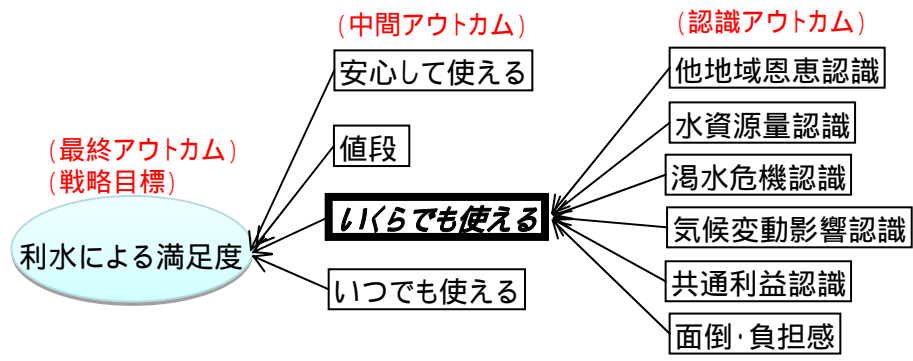
(情報前)				(情報後)			
回帰統計				回帰統計			
重相関 R	0.768			重相関 R	0.752		
重決定 R2	0.589			重決定 R2	0.566		
補正 R2	0.588			補正 R2	0.564		
標準誤差	0.389			標準誤差	0.446		
観測数	1150			観測数	1150		
	係数	標準誤差	t		係数	標準誤差	t
切片	0.218	0.036	6.066	切片	0.153	0.043	3.511
(問2) 安心	0.434	0.023	19.200	(問7) 安心	0.333	0.023	14.207
(問3) いくらでも	0.032	0.022	1.444	(問15) いくらでも	-0.017	0.027	-0.632
(問4) いつでも	0.282	0.028	10.240	(問16) いつでも	0.463	0.033	14.048
(問5) 値段	0.027	0.012	2.260	(問17) 値段	0.047	0.014	3.289

●安心して使えることに加え、いつでも使える
ことも利水による満足度にとって重要である
ことを示している。

●情報提供後も安心して使える重要度は変
わりはないが、いつでも使える満足に対する
重要度がより高まっている。

いつでも安心して使えることが利水の満
足度を規定している。

4県全体の分析結果： シンポジウム参加者とその他 (Web + 配布) との比較



◆いくらでも使える満足重回帰分析の結果

(情報前)				(情報後)			
回帰統計				回帰統計			
重相関 R	0.438			重相関 R	0.512		
重決定 R2	0.192			重決定 R2	0.262		
補正 R2	0.168			補正 R2	0.240		
標準誤差	0.948			標準誤差	0.786		
観測数	208			観測数	208		
	係数	標準誤差	t		係数	標準誤差	t
切片	0.459	0.296	1.548	切片	0.281	0.166	1.696
(問12) 他地域	0.043	0.068	0.637	(問9) 他地域	-0.009	0.080	-0.117
(問13) 水資源	0.359	0.060	5.997	(問10) 水資源	0.180	0.052	3.458
(問15) 渇水	-0.097	0.086	-1.128	(問12) 渇水	-0.029	0.079	-0.374
(問16) 気候変動	-0.049	0.092	-0.526	(問14) 気候変動	0.290	0.107	2.711
(問23) 共通	0.048	0.121	0.393	(問21) 共通	0.184	0.113	1.635
(問24) 面倒	0.034	0.056	0.608	(問22) 面倒	0.053	0.047	1.121

(情報前)				(情報後)			
回帰統計				回帰統計			
重相関 R	0.320			重相関 R	0.395		
重決定 R2	0.102			重決定 R2	0.156		
補正 R2	0.098			補正 R2	0.151		
標準誤差	0.761			標準誤差	0.752		
観測数	1150			観測数	1150		
	係数	標準誤差	t		係数	標準誤差	t
切片	0.481	0.120	3.996	切片	0.337	0.116	2.895
(問12) 他地域	0.027	0.021	1.290	(問9) 他地域	0.113	0.027	4.254
(問13) 水資源	0.190	0.022	8.636	(問10) 水資源	0.127	0.022	5.853
(問15) 渇水	0.003	0.026	0.116	(問12) 渇水	0.036	0.030	1.209
(問16) 気候変動	0.059	0.027	2.178	(問14) 気候変動	0.148	0.035	4.232
(問23) 共通	0.148	0.035	4.250	(問21) 共通	0.172	0.035	4.908
(問24) 面倒	0.004	0.023	0.157	(問22) 面倒	0.005	0.023	0.225

- 水資源が十分あると感じていることに依存していることを示している。
- 情報提供によって、水資源が十分あるという安心感だけでは不十分となっており、気候変動による危機感や共通利益を重視するようになっている。共通資源として認識されることによって、節水などの協力の必要性が認識されるようになっている。
- 水が使えることに対する他地域への恩恵また、共通の利益のために節水など協力する意識が高い。

● 特に注目すべきは、情報提供前後での『気候変動の影響認識』に対する認識の高まりである。

情報提供前後での各要素の意識変化の傾向

情報提供前後で知識アウトプット（下位要素）が大きく変化していることが分かる。これは、事後アンケートにおいて、知識を得たことによって認識がどのように変化し、最終アウトカムに及ぼす影響を把握する形で設問設計を行ったことによる。また、上位要素である最終アウトカムほど情報提供前後で差異が見られないのは、情報提供前の段階ですでに満足度が高いこともあり、知識の増加がそのまま満足度に影響を及ぼすものではないともいえる。

- 水に対する**利水、治水、環境に対する満足度**に対して、情報後、行政への信頼感や他地域からの恩恵、利他貢献といった現在の状況に感謝する項目の認識が高まっている。しかし、気候変動による影響を認識することによって、危機感や不安感が生じたためか最終アウトカムである満足度向上にまで効果が及んでいない。
- 一方で、**適応策受忍意図**に対しては、気候変動による水資源への影響知識を得ることによって、必要性が認識され、対策の受け入れ意思が高まっている。

情報提供前後での意識変化を度数分布により把握したが、意識構造ロジックモデルを階層構造として整理したように、効果の伝播について分析を試みていく必要がある。

今後、各要素のモードを詳細に分析するカーネル多変量解析を用いた分析を行っていく予定である。

各年度の成果目標

