

2.1.8 自然共生の流域圏の社会構築シナリオ（盛岡通）

（1）シナリオ構築による将来像への道程のデザイン

都市や流域、国際地域において自然共生を図り、持続的な発展が可能な社会を築いてゆくことは、世界の共通の関心事となっている。そのために共通して用いられているのは、いわゆるシナリオ構築と管理モデルの開発を一体化したアプローチである。そのスケールや管理手段に違いがあるものの、幅広い見地から将来像を設定し、それへの達成の仕方や接近法に不確実性や利害関係がある領域について積極的に科学的で明確なプロセスを示すことを試みている。

このような動向と比較しながら眺めると、国内の流域圏における自然再生や都市再生を図るアプローチが、これまでの水利用や水管理の秩序や仕組みの課題を延長する実務的な性格が強く、個別の資源サービスや管理部門の業務を部分最適化する研究開発・技術にやや重点をおいている特徴が読み取れる。そこで、グローバルなスタンダードに配慮し、加えて、未来には社会経済や地域形成の構造革新が生じるという論点から、環境管理モデルを支える知的基盤としてのシナリオ・アプローチを探索してみる。

不確実な未来を切り取り、大胆な将来像を描く試みとして、地球温暖化に関する IPCC のシナリオ、とりわけ排出量の予測に関する報告（SRES）^{1) 2)} が有名である。IPCC のシナリオでは、意味のあるラバスタな（変化に対する頑健な反応を示す）対策や技術革新の案を選ぶことを支援していて、シナリオの実現可能性は示していない。

IPCC のシナリオ・アプローチ以外にも多くの試みがある。経済団体から戦略的思考として提案された WBCSD モデル³⁾ は、「尤もらしく」、「適切で妥当性があり」、「代替的な選択が可能な」、「具体的な」ストーリーであり、定性的な色彩が強い。国連人間環境会議（ストックホルム宣言）の時代に大胆な提案を行ったローマクラブのアプローチが、定量的なシステムズ・ダイナミクスの手法で支えて、資源、食糧、環境（汚染）の枯渇をシンボリックに概念的に描き出したのに対して、定量にこだわらず、より多くの具体的で社会経済的な意味のある変数を取り上げている点が特徴である。また、未来への行動提起を行って資源効率や環境効率の飛躍的な改善で産業社会の革新をめざす姿勢を明確に示して、シナリオ・アプローチが管理モデルを伴ってゆく典型を示している。

流域の視点からは水資源や水環境を扱ったシナリオが注目される。WWV（世界水ビジョン）⁴⁾ は、人間社会の作用が水資源の動向を左右している様相を扱い、将来に向けて内

部のロジックから将来の出来事を位置づけて、ステークホルダーの意思決定や代替的な世界の展望と選択を可能としている。

また、都市の成長・開発と環境保全とを両立させるべく、将来の都市地域のダイナミックな傾向を探索しようとした都市・地域シナリオ⁵⁾では、今後おこりうる変化に対応し適応する上で役立つツールを開発していることに意義を見出している。都市でのパイロット的適用から始めて、EU 都市圏の持続可能性を高めるイニシアティブに展開していることから、サブ・グローバルや地域・圏域での適用可能性が高い。

これらに対して、IPCC と同様に世界中の研究者を集めて、流域での生態系のサービスを検討し、ミレニアム・エコ・アセスメントの名のもとで報告書をまとめたのは遅く、総合報告書は 2005 年 3 月 30 日に公表された⁶⁾(<http://www.millenniumassessment.org>)。そこでは、自然の資産としての地球生態系の機能の多くが劣化していて、貧困と飢餓の撲滅、保健の改善、環境の保全という目標が達成できず、人類の福祉が低下する恐れがあることに警鐘を鳴らしている。それには、淡水の劣化(汚染、地下水枯渇等)、漁獲の減少(獲り過ぎ、漁場の荒廃等)、大気と水を安定化する作用の劣化(河川水流枯渇、ヒートアイランド等)、疾病(新興・再興病原等)、害虫の制御(農作物害虫の繁殖等)などを含み、人類の福祉に影響を及ぼすと懸念される潜在的な突然の変化の可能性が高まっていると報告している。

ミレニアム・エコ・アセスメント(MA)の理事会の声明では、「すべての人々により良い生活水準をもたらすように自然の機能を利用しながら、地球の自然の機能に加えている緊張を和らげることは、人間社会の力にかかっている。MA の評価の最も重要な結論であるこのことを踏まえて、意思決定のあらゆるレベルで自然を扱う方法を思い切って変え、また、政府、産業界、市民社会の間の新たな協力の方法をつくり上げる必要がある。警告のサインを人類は見抜くことができるので、将来は確実に我々の手の中にある。」と述べられている。

このような MA の立場では、エコシステム・サービスの質や量を左右するメカニズムの解明に生態学者等のもつ多くの科学的知見が費やされるので、シナリオ構築をさらに開発してゆくには、社会システムのモデル化やシナリオ構築の知恵を加えなければならない。MA では、シナリオとは「前例がなく、エコシステムにとって人間の需要を伴った操作不可能なもの、つまり、エコシステム・サービス自体およびエコシステムに要求する人間側の側面についての将来」であるとしている。また、「複雑で不確実な将来について創造的に

考えるためのシステム的手法であり、定量的側面と定性的側面を有していて、将来の方向性についての信念や試みを理解し、発展してゆくもの」とされている。

(2) シナリオ構築のフレームと代替的な方向

自然共生の流域圏のシナリオ構築にあたって、将来像を特徴づける社会的次元を明確にすることで、比較や評価がしやすくなる。その場合、「持続可能性を高めるか、それとも大量消費・廃棄や成長優先か」とか「経済重視か環境重視か」という直接的な次元とは別に、経済構造の変革か従来延長か(WBCSD)、意思決定空間(グローバルか地域か)の重点(IPCC)、変革をもたらす主体とライフスタイル(需要者か供給者か)の次元(循環形成基本計画)、個人志向か集合的な価値観かの次元(Vision NW⁷⁾)、集権組織からのトップダウンか分散組織からのボトムアップかの次元(Vision NW)などを広く考慮することが適切である。

このような背景を踏まえた上で、荒川と東京首都圏を対象としたシナリオとしては、「従来型延長(Bau)」の他に、技術発展でリードされる「高度技術社会(TD)」、ローカルで分散的な資源の利用が見直されて地域の共同的な取り組みがリードする「地域共生型社会(SD)」、自立した個人の徹底した環境共生の暮らしと生業がリードする「環境最優先社会(DE)」を区別して、それらのシナリオに働くコアとなる作用素(ドライバー)を、順に次のよう割り付けることとした。すなわち、「従来型延長(Bau)型」には産業経済力、「高度技術先導型社会」には技術革新力、「地域共生型社会」には地域自立力、そして「環境最優先社会」では環境主義生活力である。その上で、社会像を説明するシナリオを表-1のように要約してみた。

社会像を示すシナリオから、流域の活動レベルを記述するシナリオのフレーム値を求める手順はモデル構築にとって極めて大きな役割を演じる。荒川流域圏研究で開発したフレームワークは、定性的に「尤もらしく」、「適切で妥当性があり」、「具体的な」ストーリーを宣言文(ステートメント)で描くプロセスと、その定性的な表現から相対的な重み付けによって操作変数の値を定量的に描くプロセスからなる。

まず、図-1に示すように、シナリオのコンセプトから、次元(ディメンジョン)の組み合わせから、「自然を利用する都市空間」(都市の開発形態と分散・集中の度合い、および用途混合、自然地の扱い)で展開される「生活と産業などの人間活動」(自然志向性、大分類産業の優先)とによって、「資源と物質の循環・フロー」(集中・分散による循環形成)

が生まれる様子を宣言文（ステートメント）として描いている。

ついで、将来の活動水準等を定量的に決定する少数の操作変数を選択し、第二次産業製出品出荷額年間変化率、一人当たり都市的土地利用面積年間変化率などの操作変数について、目標年次（荒川流域研究の場合は 2030 年）までの年度ごとの値として算定する。総括的には人口、産業総出荷額、都市的土地利用の 3 変数の値がシナリオごとに得られるモデルを開発した。この場合、3 つの変数には内部相関があり、極端な値の組み合わせについては除外するなど専門家の判断により信頼性を高めるサブシステムとするなどの工夫が可能である。また、傾向延長型の場合は、対象地域のデータを延長して集計和でモデルの追随性（フィデリティ）を検証しうる。

このあと、将来の活動等の量的水準を区分空間（サブ・ブロック等）ごとの分布への影響に反映すべく、「産業系の活動水準とその偏差」や「自然志向（空間要求）の水準とその偏差」、「地域内人口集積の水準とその偏差」、「技術と経済の水準とその偏差」などを設定して、操作変数の値をシナリオごと、区分空間ごとに与える方式を採用している。

このようにして、2030 年の流域区分ごとの人口、5 つの土地利用の構成比、それに第一、第二、第三次産業の出荷額がシナリオごとに算定される。人口や産業出荷額では高度技術先導型社会のシナリオで東京区部の増加が著しく、土地利用では地域共生型社会シナリオで集住にも地域分散が図られる結果として皮肉にも埼玉県南西部地区の都市的土地利用の増大が読み取れる。総じて、従来型延長シナリオでは、東京都区部を始めとして人口が顕著に伸びるところはなく、むしろ産業総生産量では東京都区部のみで伸びを見せ、居住環境改善の強い欲求に応じて都市的土地利用の拡大は区部、東京都下（区部以外）、埼玉県南東部などで増大すると推定している。

これらの人口、産業出荷額、都市的土地利用の値を流域区分から GIS のグリッドごとに配分し、様々の環境負荷を推定するのが次のステップである。図 - 2 は分布推定の一例として、人口の分布を示したものであり、2000 年の値、高度技術先導型社会のシナリオで一極集中が促進された場合、それから、後に紹介する市街地再整備で適度に密度を上げつつ、オープンスペースを生み出していった場合の 2030 年の人口分布を比較している。出荷額や都市的土地利用についても、シナリオごとに年度ごとに分布が得られている。

もともと、土地の被覆の変化はそれ自身が大きな負荷となる。水文的な流出の変化を招き、生物生息や多様性の変化を生じる。土地の上の活動は資源消費と廃棄物の発生により、環境を劣化させ持続可能性を損なう恐れがある。直接的には汚濁物が水系に排出され淡水

の汚染を生じ、排水処理がなされた後にも東京湾の富栄養化をもたらしている。

有機物負荷の流出とともに、その有機物を処理あるいは資源化するシステムで安定化するマクロな物質フローをも同時に扱うモデルを開発することで、環境インフラ・システムの革新の効果を推定することができる。具体的には、産業分類ごとの産業出荷額あたりの水使用量、有機物発生量（循環資源）負荷量原単位を推定し、流域の環境にとって最も影響の大きい有機物負荷を算定し、これに窒素、リン等の栄養塩量についても計算が可能なモデル構造とした。この部分は一般に負荷インベントリー・モデルとよばれるが、いわゆる総量規制等の環境管理において採用されるボトムアップ型の積み上げ計算とは趣をことにしている。

すなわち、地方行政区分ごとの産業出荷額や人口からの集計値をGIS上の特性地などの分布量で按分・配分する方式である。すなわち、トップダウン的にフレーム値を与えるだけで活動と負荷量の分布を「ある程度の確からしさ」で推定することができる負荷インベントリー・モデルである。実質的な特性を持つ地域（荒川流域では6つに分けた）ごとに、均衡型計量経済モデルや投入産出モデルで、産業活動をシミュレーションした結果に対応して、このモデルは操作される。すなわち、シナリオによって大きく違う活動を受けて、マクロな集計値でしか得られていない環境負荷の発生の空間分布を示すところにその意義がある。

（3）荒川と首都圏の流域の自然共生を支える環境技術と政策

システムとしての環境技術を積極的に導入し、その運用を図ることによって自然共生を促進してゆく基本的な姿勢に立てば、政策の重要な領域は、「土地の利用」とその上で営まれる「生態系の保全」であり、「水量・水質の改善」であると同時に、「有機物循環の適正化」である。これらの4つの政策は、ミレニアム・エコ・アセスメントで常に結び付けて語られるように、エコシステム・サービスを高めて人類福祉に貢献するという理念的な繋がりの中で理念的に理解される。

シナリオの運用を操作的におこなって、自然地を侵食する都市的な集積的活動をコンパクトにすること、郊外の住宅・業務・工場系の開発をむしろ抑制・撤退すること等などによる効果を予測できるようにすることが期待されている。同様に、核となるエコ・ゾーンの保全・修復により生物生息域を拡げて生態系のネットワークを形成する効果も予測できる。

これに対して、有機物循環では、資源循環型環境インフラの導入により、廃棄や埋立にまわるフローを削減し、再資源化量を増大させ、資源生産性を高める様を表現することができる。水環境では、水代謝系装置のオペレーションで、水量水質の改善が図られ、低水流量が確保されるとともに地下水が保全され、そして富栄養状態から回復し、浄化される様子を再現することが課題となる。これらの様子は、図 - 3 に示すとおりであり、人間社会側では環境を軸にしつつも、より広い持続可能性をも視野に入れた福祉へと繋がっている。

技術政策の領域を大きく分類すると、水質・水量改善、有機物循環、生物生態保全、土地利用施策に類型化できるとしている。このうち、土地利用はシナリオのフレームにも関係し、土地の上に活動が展開され、生物生態にも直接に影響を与えるのに加えて、活動が排出した有機物は地域の物質のフローや汚染を左右する。すなわち、自然共生のモデルの上でも最も相互依存関係の濃い要素群でもある。そこで、流域のマネジメントを中核に土地利用管理を位置づけたモデルを開発することを試みた。図 - 4 に示すように、低密市街地が無秩序に形成されてきたのに対して、むしろ、市街地形成にはふさわしくないところからの撤退やコンパクトな市街地形成を含めて、オープンスペースや再自然化を促す空間から「集積を高める空間」を区分して都市再整備を図ることにした。

ここでは、新たな集積拠点では、積極的に資源循環を図る地区環境インフラを設置して、水質改善と資源・エネルギー循環をおこなって、資源利用効率を高めることができる。もちろんそれには近年めざましい開発が試みられている嫌気性資源回収型水処理や分散型熱併給発電等多くの技術施策の中から効果的なツールが選択される。他方、集積度の高まった市街地では、利便施設が立地する回帰型サブモデルを付属している所以で利便性が高まるとともに、コンパクト化でオープンスペースも維持確保されるので快適性も高まる。他方で、河川・水辺や丘陵・里山からの連結性を高めるところで再自然化が促され、市街化圧力を抑えて放棄田畑での耕地促進（いわゆるバイオマス利用や栄養塩の受入等を含んで）をおこなうことで、結果として水の流出抑制や生物生態の保全にもプラスに働く道を模索している。

もちろん、図 - 4 に示した施策インベントリはその一部であり、それぞれの施策群ごとに多くの項目がある。水量の制御でも、森林地域、農業地域、低湿地をふくむ自然地、新市街地開発地、既存市街地、河川システム、下水道システム等の区分ごとに複数の施策がリストアップされている。それらの個々の技術には機能的な入出力関係を想定し、操作に

よる効果が区分できるようにモデル化が試みられている。たとえば、雨水流出抑制では、荒川流域での区画整理事例での標準的流出抑制高と最良実践パフォーマンスのデータベースを備えているので、これに浅い地下水流出を含む面的流出モデルと組み合わせて、市街地再整備での流出抑制効果を推定できる。すなわち、技術施策ごとにその効果を予測評価するサブ・シミュレータを備えることで、可能な限り定量的な判断ができるように試みている。

施策の効果の例をいくつか示し、「シナリオ誘導型の社会創造」のシステム技術開発のねらっているものを理解していただきたい。ここでは3つの例を示すが、それはあくまで例であって、施策的に優先順位があるといった意味合いではない。まずは、荒川流域から発生する有機廃棄物等から良好な堆肥をつくって流域内で食料生産を行なった場合を想定し、2000年の現状と比較している。現状(2000年)と比較して炭素、窒素、リンのマテリアル・フローの変化を追っている。当然、化学肥料によって支えられてきた農業生産を都市農村の連携による物質循環型農業モデルで置き換えようとする、様々のところで無理と効果が生まれてくる。そのうち、効能の面で食料自給率が高まることに期待をしたシミュレーションの結果では、忌避される傾向の高い下水汚泥からのフィードバックが途切れると、リンの不足が顕著になること、生ごみと下水の統合管理をめざすとしてもリンの効率的回収が欠かせないことを、このような需要サイドの分析(図-5)から認識することができる。

一方で、生物生態系の回復は空間的な施策の重ねあわせで効果が生まれる。例として、生態系のモニタリングや生息判定・評価を試みている研究者の知恵を大胆にモデル化し、いわゆるランドスケープ・エコロジー的なアプローチを試み、生息域の拡大の効果を推定してみた。土地利用の介入は2つの指標生物で異なる。サシバでは採石場などの二次林への回復とともに、エコシステム・サービス用地のうちの都市圏フリンジの部分の二次林化を進めている。他方で、水辺のヨシ群落の再生を積極的に進め、やはり中流部でのエコシステム・サービス用地にヨシ原を回復・創生することを想定した。自然回復を土地利用等(人口等の3つのフレーム値)で誘導するSDシナリオ(2030年)のもとでの結果が1970年代の分布と比較されている。生み出されたエコシステム・サービス用地を1000-1500ヘクタールの規模で二次林もしくはビオトープに変える施策によって、図-6のように、サシバとオオヨシキリの生息環境が改善されると予測されている。このことにより、1970年代程度までのは回復を可能とする施策の規模が推定できます。同時に、生物種と地域ご

とに違うとはいえ、これらの鳥に関しては、丘陵地域と河川周辺の自然再生が生物の息を維持する上で鍵になることを示し、その両方が重なるエリアを見つける手順を明らかにしている。

ミレニアム・エコ・アセスメントにおいても生態系のサービスは人間の生活の福祉を最終のアウトカムとするスキームを採用している。しかし、このことを実際に運用した事例はほとんど無いといってよい。とりわけ、人口の集中する都市域ではこの生活福祉(QoL)を的確に表現しつつ、しかもその中に自然共生の変量を組み入れるにはまだ検討すべきことが多い。個々ではトータルシステムをまず構築し、それから部分システムを見直して改良して行くアプローチをとった。データの利用可能性から、都市での生活福祉と物的環境条件をつないだ調査研究を活用し、十数の指標によって生活福祉(QoL)を表すことで、シナリオと施策の効果を推定するシステムを開発した。結果を示したのが、図 - 7である。ここでは、高度技術開発(TDシナリオ)でさらに東京区部に業務等が集中する過程でも、拠点への選択的集中とコンパクト化によりオープンスペースの食いつぶしは避けて公園・緑地を維持・整備する方式を採用すれば、生活福祉(QoL)のうちでも、利便性や快適性の側面はある程度は改善されることを示している。これに対して、人口や活動の分散を積極的に図ってゆく地域共生シナリオ(SD)のもとでは、分散の受け皿となる地区では集積に応じた利便性は高まるものの、自然地やオープンスペースが減少して、快適性は減少する地区が存在することが読み取れる。いずれにしても、拠点への積極的な集積を図るコンパクト化の効果と副作用を面的に把握することができ、総括的に生活福祉(QoL)の全域の平均値の増減のみならず、空間的特長を判断できる点は流域研究にとって意義深いと思われる。

以上、シナリオ誘導によって自然共生型の流域圏を構築する試みのあらすじを紹介した。社会像の設定から共生技術の開発、それにその技術を核とする施策代替案の評価までをとにかく一連のプロセスとしてデザインすることが与えられた課題であったので、その質はともかくとして、ひとまず、達成のメドがついたように思える。関係者の協力に感謝するとともに、ご指導いただいた各位に御礼を申し上げる。

参考文献

1) IPCC 「IPCC Special Report Emissions Scenarios(IPCC, 2000)」 Cambridge University Press, Cambridge

- 2) IPCC 「 IPCC Special Report Emissions Scenarios –Summary for Policymakers 」
2000, IPCC, A Special Report of IPCC Working Group pp3
- 3) WBCSD 「 Exploring Sustainable Development ~ WBCSD Global Scenarios
2000-2050 Summary Brochure 」 1997 pp4
- 4) WWC 「 World Water Vision Making Water Everybody's Business 」 2000 William
j. Cosgrove, Frank R. Rijsberan Earthscan Publications Ltd
- 5) Joe Ravets, with peter Roberts 「 City-Region 2020 Integrated planning for a
sustainable environment 」 2000 TCPA, Earthscan Publications Ltd. Pp39
- 6) Joseph Alcamo, Hassan, Rashid M.(2003) Ecosystems and Human Well-Being: A
Framework for Assessment 2003 Island Press 245pp.
- 7) VISIONS NW WORKSHOP PROGRAMME 「 NORTH WEST 21 DRAFT
SCENARIOS REPORT 」 2001, EU 4th Framework Programme: 'INTEGRATED
VISIONS FOR A SUSTAINABLE EUROPE' Joe Ravetz, Clair Goufh & Simon
Shackley,
- 8) 盛岡通 自然共生流域圏の形成にかかるシステム統合化の視点 第 31 回環境システ
ム研究論文発表会講演集 2003 年 p237-244
- 9) 丹治三則 盛岡通 流域管理におけるシナリオ誘導型の有機物循環政策立案支援ツ
ール開発に関する研究 第 32 回環境システム研究論文集 2004 年
- 10) 加藤文昭・丹治三則・盛岡通 (2004) 流域圏におけるシナリオ設計システムの構築に
関する研究、環境システム研究論文集 Vol.32、391 ~ 402

| コンセプト | 従来延長型社会 | 高度技術先導型社会 | 地域共生型社会 | 環境最優先社会 |
|-------|--|---|---|---|
| | 経済を重視する姿勢が変更することなく、またライフスタイルも環境配慮行動がなされず(消費行動大)、従来の産業構造が延長する。その中で、技術革新についても著しい進歩は見られないが、進歩しつつも、地域が自立する様子はあまり見られない。 | 技術革新が著しく進歩する。経済を重視する姿勢は変わらず、環境に対する姿勢は、効率性を重視した対応となる。ライフスタイルの変化(多様化等)を伴うが、環境配慮行動がなされることはない。技術により地域と中心地(都市)との隔たりが激しくなる。 | 1極集中的な流域圏から地域が自立し、地域の活性化にともない、1極集中は緩和される。従来の経済と環境との位置付けが変更し、経済と環境が対等に扱われる(not効率性)。その中で個人は環境配慮行動(3R等)への取組みをする。 | 環境回復、保全が重要視され、環境回復・保全の順位制が経済成長より高く、また個人行動も抑制型の環境配慮行動となり環境が回復、保全される。そのために技術革新はそれほど重要視されず、低速で進歩する。地域性が重視され、農村回帰も見られる。 |

ディメンジョン

| | | | | |
|---------|-------|---|---|---|
| 経済性重視 | 現状(高) | 中 | 中 | 低 |
| 技術革新 | 現状(中) | 高 | 中 | 低 |
| 地域自律性 | 現状(低) | 低 | 高 | 中 |
| ライフスタイル | 現状(低) | 低 | 中 | 高 |

ステイメント

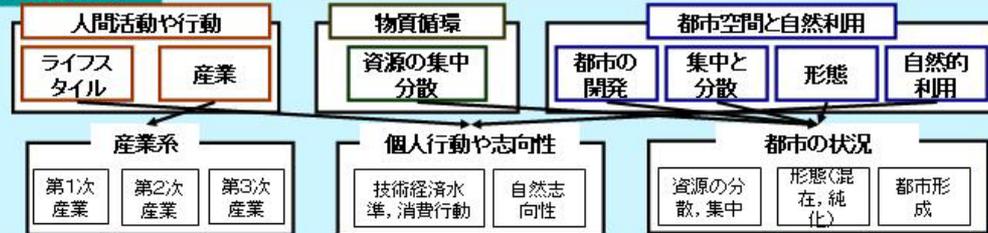


図 - 1 シナリオの設計の流れ

| | 人口 | | 総生産額 | | 都市的土地利用 | |
|-----------|------|------|------|-----|---------|-----|
| | | 万人 | | 兆円 | | 万ha |
| 従来延長型社会 | 1.02 | 4120 | 1.12 | 220 | 1.04 | 43 |
| 高度技術先導型社会 | 1.09 | 4390 | 1.22 | 241 | 1.23 | 51 |
| 地域共生型社会 | 0.98 | 3970 | 1.06 | 209 | 0.92 | 38 |
| 環境最優先社会 | 0.94 | 3810 | 0.90 | 177 | 0.85 | 35 |

左側は2000年に対する2030年比右側は2030年の実数

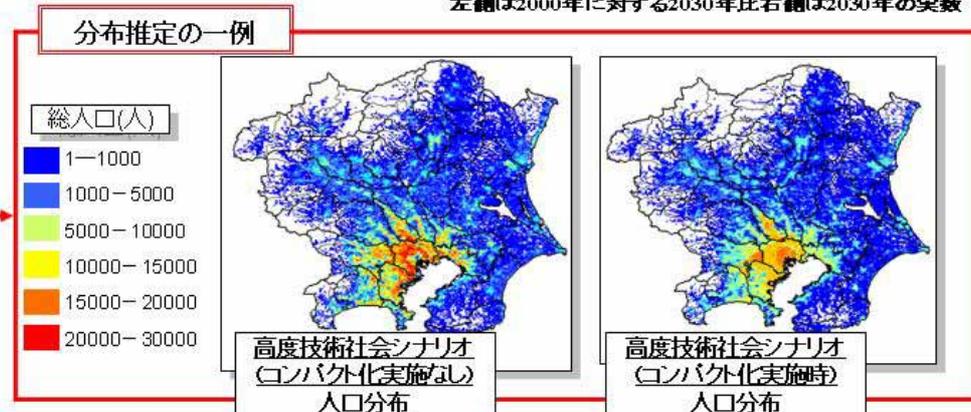


図 - 2 シナリオで描いた人口、産業出荷額、都市的土地利用と分布表現の一例