

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 22 日現在

機関番号：13701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25450499

研究課題名(和文)伊勢湾流域圏を対象とした水系総合モデルの開発と感度解析

研究課題名(英文) Development and sensitivity analysis of integrated aquatic model of the Ise Bay catchment

研究代表者

大西 健夫 (Onishi, Takeo)

岐阜大学・応用生物科学部・准教授

研究者番号：70391638

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：伊勢湾には、木曾三川をはじめとた7つの河川が流入し、水量・水質の両面から陸上の多様な人間活動が伊勢湾に影響を及ぼしている。陸と海との統合的な水管理、ということが言われて久しいが、そのことを現実のものとするためには、多くの科学的知見の蓄積が必要である。本研究では、伊勢湾流域圏を対象として、陸と海とのつながりを定量化することを目的として、流域の水・水質を表現することのできるモデルを構築した。その結果、降雨時に伊勢湾流域に輸送される物質量が重要な割合を占めており、平常時における水質のみでは、海洋への負荷量が過小評価になることが確認され、短期間における水質変動を正確に定量化することの重要性が示された。

研究成果の概要(英文)：The Ise Bay is receiving large amount of freshwater from seven rivers such as Kiso three rivers. Thus, various human activities on the terrestrial area have a large impacts both on the amount and quality of river waters, consequently will affect on the conditions of the Ise Bay. Though the concept of integrative water management of lands and oceans is proposed more than a decade ago, it is necessary to accumulate many scientific knowledge for the actual implementation of this concept. Thus, in this research, we attempted to construct integrative water and material flow model for lands and oceans. As a result, importance of material flow during the period of rainfall events are clarified. And, it is cleared that accurate quantification of water quality during the short period in rainfall events are important.

研究分野：水文学

キーワード：統合的水管理 水文・水質モデル 伊勢湾流域圏 SWAT ROMS

1. 研究開始当初の背景

流域の「統合的水資源管理」の重要性が1990年代に認識され、近年では、「森里海連関学」,「LOICZ (Land and Ocean Interaction at Coastal Zone)」など、陸域と海洋の一体的な水系管理の重要性が注目されている。しかし、これらの考え方は未だ概念論にとどまっているのが現状である。これらの概念が、政策決定の場でも広く利用可能な形に実体化していくためには、陸域における環境変化が海洋環境へ及ぼす影響が科学的に評価される必要がある。そのために克服すべき課題は多岐にわたるが、大きくは(1)陸・海のつながりを実証するために必要な観測・実験データの蓄積、および(2)陸・海のつながりを再現することが可能な統合的なモデルの構築、を進める必要がある。

2. 研究の目的

こういった背景のもと、本研究では、「水系総合モデルの開発と感度解析」という研究課題のもと、上記(2)に資する研究を行うことを目的とした。

3. 研究の方法

陸域、河川、海洋における水・物質・生態系モデルを結合した「水系総合モデル」を構築する。物質は、炭素 (C)、窒素 (N)、リン (P)、生態系は低次生産者を対象とする。ユーザーによる自由な改変が可能なモデルとなるように、オープンソースプログラムである SWAT モデルを用いる。

また、都市域からの生活排水負荷量はタンクモデルによる流出と原単位で与える。河道プロセスは、Kinematic Wave 法による一次元開水路モデルと、水域の低次生産を考慮した NPZD モデルとを組み合わせる。また、ダム操作規則を組み込みダム群の影響を考慮する。伊勢湾内は数 100m 程度に分割したグリッドによる 3次元の流動場と NPZD モデルとを組み合わせた既存のモデルを用いる。

さらに、IPCC-IR4 による温暖化シナリオ A1B を、「水系総合モデル」を駆動するのに十分な空間解像度 2km にまで力学的ダウンスケーリングを行う。現在気候の 2000 年頃、および 2050 年頃、2100 年頃の 3 時期をそれぞれ 1 年間の期間で行う。力学的ダウンスケーリングは、渦位逆変換法に基づく独自の大気初期値化手法を用いて、領域気候モデルによる高分解能・長期の擬似温暖化実験により実施する。

4. 研究成果

(1) 温暖化シナリオのもとでの気象場のダウンスケーリング

「気候変動に関する政府間パネル(IPCC)」により利用される GCM は一般的に空間 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ メッシュからなる比較的粗い格子点により計算されるため、全球スケールでの気温・相対湿度・風速・日射量・降水量・降雪量などの長期的変化を知る事が出来るが、局

地的な地表面起伏や土地利用状態の影響までを加味することができず、局地スケールの影響については把握する事ができないという問題点がある。そこで、領域気候モデル MM5 と従来の擬似温暖化実験に渦位逆変換法に基づく入力データ作成手法を取り入れた新手法による、擬似温暖化ダウンスケーリングを中部地域に対して行った。そして、得られた現在気候および将来気候における各種気象要素について相互比較を行うことで、中部地域における地球温暖化影響量の定量的評価を行った。その結果、平均的に見ると気温は+3.6°C程度・風速は 1.5~2.5 倍程度・降水量は 1.6 倍程度・日射量は 1.1 倍程度に増大し、相対湿度は-1.5%程度・降雪量-150~200mm 程度減少するという結果を得た。また名古屋や岐阜などの都市部や山間部に比べ、高山や白川などの高山部において温暖化の影響量は大きく、変化の割合が大きくなる傾向にあることが分かった。計算結果の一例を図 1 に示す。

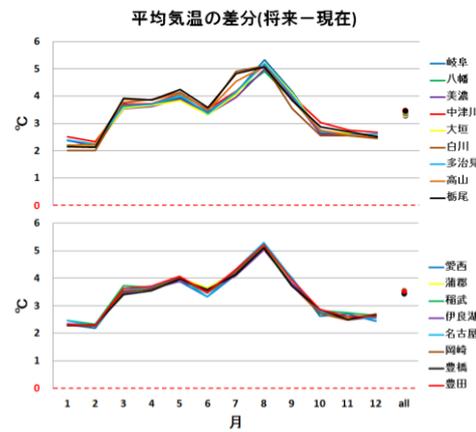


図1 温暖化シナリオ A1B シナリオのもとでの平均気温の上昇値。地域間のばらつきはなく、冬季 2.5°, 夏季 5° の上昇と予測される。

(2) 河川流出モデルの構築

SWAT モデルを用いて河川流出モデルを構築した。解析を進めるにあたりインプットデータとして、GIS データ (標高・土地利用・土壌) や気象データ (雨量・気温・湿度・全天日射量・風速) が必要であるため、国土交通省から GIS データ、気象庁から 100 箇所以上の気象データ (統計期間 1985 年~2013 年) を入手し整理した。気象値に欠測がある場合は、気象モデルを用いて統計的に補完した。また、モデルの流量再現性を確認するために、流域に設置されている 10 箇所の流量観測点のデータ (統計期間 2002 年~2013 年) を整理した。モデルパラメータ値の調整には SWAT Calibration and Uncertainty Programs (SWAT CUP) を用いた。

対象流域の土地利用をGISデータから解析した結果、森林72%、農地11%、住宅地や工業地17%であった。これより、土地利用の多くは森林が占めていることが明らかとなった。特に河川上流部に近づくにつれ森林面積が増えていた。また、農地の8割は水田であった。図2には、土地利用の変遷を示す。

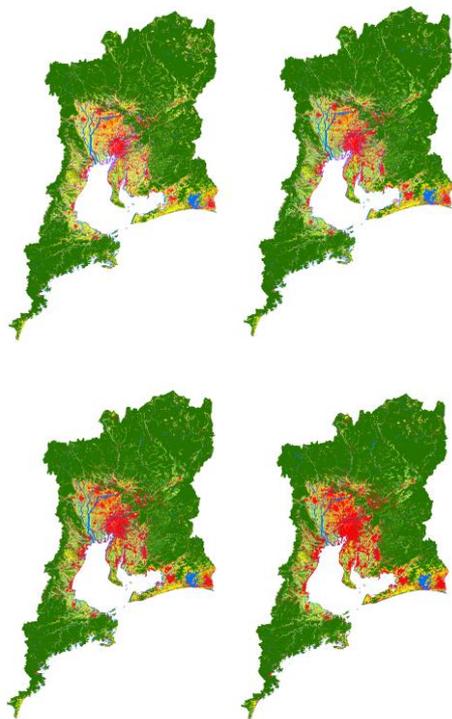


図2 土地利用の変化 (左上: 1976年, 右上: 1987年, 左下: 1997年, 右下: 2006年)

次に気象データから流域の特徴を解析した結果、例えば、年間の降水量は約2100mmで日本の平均と比べると高めの数値を表した。水文モデルによる流量解析については、ほとんどの河川においてナッシュ係数が0.5以上となり概ね良好に再現された(図3)。しかし、再現性が不十分な河川も存在した。これはダムの放流量や農業用水などの情報が十分に反映されていないことが要因と考えられた。

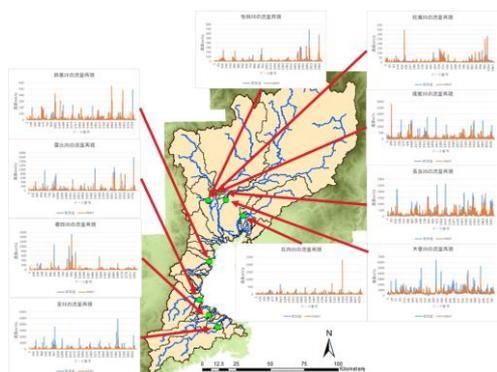


図3 流量の計算結果

(3)河川水質モデルの構築

そこで、農業用水利用量も考慮して、大小7河川から構成される伊勢湾流域圏を対象として、水文・水質モデリングを行い、対象河川の流量、TN、NO₃濃度の再現を通して窒素循環特性の定量化を試みた。モデリングにはSWAT (Soil Water Assessment Tools) モデルを用いた。モデルにおいては、水循環と窒素循環双方に関わる人為的な要因として流域の農業用水および家庭用水の取水排水量および無機態窒素の濃度を考慮した。また窒素循環に関わる人為的な要因として農地への施肥量を考慮した。流量および水質のキャリブレーション期間を2004年~2006年とし、バリデーション期間を2007年~2009年とした。2000回のLCS法によるキャリブレーションの結果、流量に関しては、NS値が0.6~0.8と比較的良好な再現結果を得た。続いて、流量キャリブレーションと同様の方法でTN、NO₃濃度の再現を試みたところ、あり得るパラメータの範囲内では、パラメータの不確実性を考慮しても過大評価傾向を示す河川があることがわかった(図4)。このことは、流域における脱窒量の評価において考慮されていない要因があることを示唆するものである。結果の検討より、モデルでは考慮されていない河岸域の脱窒、および農業排水路における脱窒、等を考慮する必要性が示唆された。

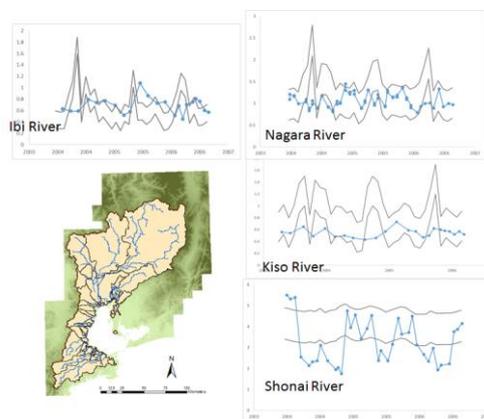


図4 硝酸態窒素濃度の計算結果。計算結果にはばらつきがあるものの、変動幅(灰色の線)の中に、おおよそ実測値が収まっている。

(4)海洋モデルの構築と陸・海統合計算

ROMSを用いて、伊勢湾の海洋モデルのプロトタイプを構築した。空間解像度は500m×500m、時間ステップは1時間として気象場と外洋の潮位とを境界条件として数値計算を行った。ただし、本研究の期間内では実測データによるバリデーションを行うことができず、現在、計算を進めている。海洋モデルについては十分なモデルが構築できていないものの、陸域からの入力への応答を検証するために、陸・海を統合した計算を実施した。その結果、降雨時のパルス的な栄養塩のインプットが、海洋に与える影響が重要であることが示唆された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者, 研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① Yang Y., T. Onishi, K. Hiramatsu: Impacts of different spatial temperature interpolation methods on snowmelt simulations, Hydrological Reserach Letters, 9(2), 27-34, 2015, DOI: 10.3178/hr1.9.27 (査読有)
- ② Yang Y., T. Onishi, K. Hiramatsu: Improving the performance of temperature index snowmelt model of SWAT by using MODIS land surface temperature data, The Scientific World Journal - International Journal of Geophysics, 2014, <http://www.hindawi.com/journals/tswj/2014/823424/> (査読有)
- ③ Hiramatsu K., Ichion, K. Yonebayashi, S. Nishimura, and T. Onishi: Food web structure in an agricultural drainage channel through an urbanized zone in Japan, Paddy and Water Environment, Vol.12(1), pp 113-123, 2014, DOI 10.1007/s10333-013-0365-3 (査読有)

[学会発表] (計 1 件)

- ① 大西健夫・宗村広昭・平松研: 水文・水質モデリングによる流域スケールの窒素循環定量化の試み, JpGU (日本地球惑星科学合同連合大会), 2016(幕張メッセ(千葉県・千葉市), 5/22)

[図書] (計 1 件)

- ① 大西健夫 (共著): 「ロシア・中国の河川」『全世界の河川事典』. 高橋裕, 寶馨, 野々村邦夫, 春山成子編, 丸善書店, 2013年7月, pp.748-752, pp.754-758

[産業財産権]

○出願状況 (計 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

○取得状況 (計 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]
ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

大西 健夫 (ONISHI, Takeo)
岐阜大学・応用生物科学部・准教授
研究者番号: 70391638

(2)研究分担者

平松 研 (HIRAMATSU, Ken)
岐阜大学・応用生物科学部・教授
研究者番号: 90271014

吉野 純 (YOSHINO, Jun)
岐阜大学・工学部・准教授
研究者番号: 70377688

宗村 広昭 (SOMURA, Hiroaki)
島根大学・生物資源科学部・准教授
研究者番号: 90403443

杉本 亮 (SUGIMOTO, Ryo)
福井県立大学・海洋生物資源学部・講師
研究者番号: 00533316

吉山 浩平 (YOSHIYAMA, Kohei)
滋賀県立大学・環境科学部・助教
研究者番号: 90402750

(3)連携研究者

笥 茂穂 (KAKEI, Shigeho)
独立行政法人水産総合研究センター・東北
区水産研究所・研究員
研究者番号: 20371792