

MPEC に基づく水質汚濁負荷削減策の効率的スケジュールの検討*

Efficient Schedule of Reducing Water Pollutant Load based on MPEC*

高木朗義**・武藤慎一***・上村高大****

Akiyoshi TAKAGI**・Shinichi MUTO***・Takahiro KAMIMURA****

1. はじめに

河川水質は、河川環境を構成する根源的な要素の1つであり、その保全あるいは改善は重要である。水質を改善するためには各経済主体が水質汚濁負荷を削減する必要があるが、それにより他の主体や地域の経済活動に影響を及ぼすため、施策検討にあたっては、それらを総合的に評価しなければならない。

本研究では、長期的な視野から地域別、主体別の便益と費用を計量し、地域間、主体間の利害関係について評価を行うことによって、将来の水質改善目標を達成するという条件の下で、地域間、主体間における水質汚濁負荷削減策の効率的なスケジュールの導出を試みる。具体的には、流域内外の社会経済活動を捉えた動的な地域間応用一般均衡(Dynamic Spatial Computable General Equilibrium: DSCGE)モデルを構築し、それにより表現される施策有無のそれぞれの経済均衡を制約条件とし、社会的純便益の最大化を目的関数とした均衡制約付数理最適化問題(MPEC)を定式化する。その上でこの問題が複雑な組合せ問題であることを考慮してGAを用いて近似的に解くものである。

2. DSCGE モデルの構築

(1) モデルの前提条件

社会は数個の流域内地域、対象河川から生活・工業用水の供給を受けている生活用水地域、工業用水地域、および流域外地域から構成されている。各地域には家計、企業、および政府が存在する。企業は、工業、農業、商業、漁業、排水処理産業、取水・浄水産業に分類する。

*キーワード：環境計画，計画手法論，プロジェクト構想

**正員，博(工)，岐阜大学工学部社会基盤工学科

(〒501-1193 岐阜市柳戸 1-1, TEL:058-293-2445,

FAX:058-230-1248, E-mail:a_takagai@cc.gifu-u.ac.jp)

***正員，博(工)，大阪工業大学工学部都市環境工学

(〒535-8585 大阪市旭区大宮 5-16-1)

****正員，修(工)，中央コンサルタンツ(株)

(〒451-0042 名古屋市西区那古野 2-11-23)

家計は水辺利用時に水質の影響を受ける。また流域内地域の家計は水質に影響を及ぼす。

流域内地域の工業，農業，商業は水質に影響を及ぼす。漁業は水質の影響を受ける。排水処理産業，取水・浄水産業はそれぞれ水質汚濁負荷削減，取水・浄水に必要な財を生産する。

流域内地域の家計の水質汚濁負荷削減は政府が行う。工業，農業，商業は自ら水質汚濁負荷削減を行う。流域外地域の家計の取水・浄水は政府が行う。工業用水地域の工業は自ら取水・浄水する。各主体は立地選択しないものとする。

産業の利潤は全ての家計に資本配分として均等に配分されるものとする。

(2) 家計の行動モデル

(a) R サービス生産行動

$$c_R^i(t) \cdot u_R^i(t) = \min_{x_R^{i'}} \sum_{i'} (w^i(t) r_R^{i'}(t) + p_R^{i'}(t)) x_R^{i'}(S^i(t)) \quad (1a)$$

$$s.t. \quad u_R^i(t) = h_R^i \sum_{i'} x_R^{i'} a^{i'}(S^i(t)) \quad (1b)$$

ここで、 t ：時刻， i ：地域を表す添字， i' ：R サービスの消費地域を表す添字， c_R ：R サービスの単位費用， u_R ：R サービスの生産量， w ：賃金率， t_R ：R に関わる時間投入量， p_R ：対象河川までのアクセス費用， $x_R^{i'}$ ：利用回数， h_R ：比率パラメータ， S ：対象河川の水質， $a^{i'}$ ：分配パラメータ。

(b) 流域内地域の家計消費行動

$$v^i = \max_{x_j^i, s^i, u_R^i, x_h^i} \int_0^\infty U^i(t) \exp(-rt) dt \quad (2a)$$

$$s.t. \quad \dot{K}^i(t) = w^i(t) \Omega^i(t) + (r - g_K) K^i(t) - \left[\sum_j p_j^i(t) x_j^i(t) + w^i(t) s^i(t) + c_R^i(t) u_R^i(t) + p_h^i(t) x_h^i(t) \right] \quad (2b)$$

$$\Omega^i(t) = L^i(t) + s^i(t) + t_R^i(t) \quad (2c)$$

$$S^i(t) = \frac{1}{X^i(t)} \sum_{j=1}^i (1 - j^i) \left\{ Q_j^i(t) x_h^{W_j}(t) + \sum_j Q_j^i(t) x_j^{W_j}(t) \right\} \quad (2d)$$

$$U^i(t) = \sum_j a_j^i \ln x_j^i(t) + a_s^i \ln s^i(t) + a_{u_R}^i \ln u_R^i(t) + a_{x_h}^i \ln x_h^i(t) \quad (2e)$$

ここで、 v ：効用水準， s ：余暇消費， x_j ： j 財消費量 ($j=M, A, C, F$ (M : 工業, A : 農業, C : 商業, F : 漁業))， x_h^W ：排水量， r ：割引率， \dot{K} ：資本ストックの増加分， Ω ：総利用可能時間， g_K ：資本の実質利率率， g_K ：資本ストックの減耗率， K_h ：資本ストック， p_j ： j 財価格， p_h^W ：

汚濁負荷削減価格, x_j^w : 産業 $j(=M,A,C)$ の排水量, L_h : 労働時間, X : 河川流量, j : 自然浄化率, Q_h : 家計からの単位排出汚濁負荷量, Q_j : 産業 $j(=M,A,C)$ からの単位排出汚濁負荷量, $a_j, a_s, a_{u_R}, a_{x_h^w}$: 分配パラメータ.

(c) 生活用水地域の家計消費行動

$$v^i = \max_{x_j^i, s^i, u_R^i, x_h^i} \int_0^\infty U^i(t) \exp(-rt) dt \quad (3a)$$

$$s.t. \dot{K}^i(t) = w^i(t)\Omega^i(t) + (r - g_K)K^i(t) - \left[\sum_j p_j^i(t)x_j^i(t) + w^i(t)s^i(t) + c_R^i(t)u_R^i(t) + p_h^Zi(t)x_h^Zi(t) \right] \quad (3b)$$

$$U^i(t) = \sum_j a_j^i \ln x_j^i(t) + a_s^i \ln s^i(t) + a_{u_R}^i \ln u_R^i(t) + a_{x_h^Zi}^i \ln x_h^Zi(t) \quad (3c)$$

ここで, p_h^Z : 取水・浄水価格, x_h^Z : 取水量, $a_j, a_s, a_{u_R}, a_{x_h^Z}$: 分配パラメータ.

(d) 流域外地域の家計消費行動

$$v^i = \max_{x_j^i, s^i, u_R^i, x_h^i} \int_0^\infty U^i(t) \exp(-rt) dt \quad (4a)$$

$$s.t. \dot{K}^i(t) = w^i(t)\Omega^i(t) + (r - g_K)K^i(t) - \left[\sum_j p_j^i(t)x_j^i(t) + w^i(t)s^i(t) + c_R^i(t)u_R^i(t) \right] \quad (4b)$$

$$U^i(t) = \sum_j a_j^i \ln x_j^i(t) + a_s^i \ln s^i(t) + a_{u_R}^i \ln u_R^i(t) \quad (4c)$$

ここで, a_j, a_s, a_{u_R} : 分配パラメータ.

(3) 産業の行動モデル

(a) 流域内地域の工業, 農業行動

$$C_j(t) = \min_{PC_j^i, x_j^w} [c_j^i(t)PC_j^i(t) + d_j^i(t)(q_j^i(t) - Q_j^i(t))x_j^w(t)] \quad (5a)$$

$$s.t. Y_j^i(t) = \min \left[\frac{PC_j^i(t)}{a_j^{0i}}, \frac{x_j^w(t)}{a_j^{x^w}} \right] \quad (5b)$$

$$p_j^w(t) = d_j^i(t)(q_j^i(t) - Q_j^i(t)) \quad (5c)$$

$$c_j^i(t) = \min_{L_j, K_j} [w^i(t)L_j^i(t) + r(t)K_j^i(t)] \quad (5d)$$

$$s.t. PC_j^i(t) = h_j^i L_j^i(t) a_j^{a_j^i} K_j^i(t)^{a_j^{k_j^i}} = 1 \quad (5e)$$

$$p_j^w(t)x_j^w(t) = p_d^i(t)x_j^{id}(t) \quad (5f)$$

ここで, j : 産業種を表す添字 ($j=M,A(M:工業, A:農業)$), C_j : 生産費用, PC_j : 合成生産要素投入量, x_j^w : 排水量, c_j : 合成生産要素の単位費用, q_j : 単位発生汚濁負荷量, Q_j : 単位排出汚濁負荷量, d_j : 汚濁負荷削減に要する単位費用, Y_j : 生産量, a_j^0 : 合成生産要素比率, $a_j^{x^w}$: 排水量比率, p_j^w : 単位汚濁負荷削減費用, L_j : 労働投入量, K_j : 資本投入量, w : 内陸地域の賃金率, h_j : 比率パラメータ, a_j^L, a_j^K : 分配パラメータ.

(b) 流域内地域の商業行動

$$C_C^i(t) = \min_{PC_C^i, x_C^w} [c_C^i(t)PC_C^i(t) + d_C^i(t)(q_C^i(t) - Q_C^i(t))x_C^w(t)] \quad (6a)$$

$$s.t. Y_C^i(t) = \min \left[\frac{PC_C^i(t)}{a_C^{0i}}, \frac{x_C^w(t)}{a_C^{x^w}} \right] \quad (6b)$$

ここで, C : 商業を表す添字, C_C : 生産費用, c_C : 合成生産要素の単位費用, PC_C : 合成生産要素投入量, x_C^w :

排水量, Y_C : 生産量, a_C^0 : 合成生産要素比率, $a_C^{x^w}$: 排水量比率, q_C : 単位発生汚濁負荷量, Q_C : 単位排出汚濁負荷量, d_C : 汚濁負荷削減に要する単位費用.

(c) 流域内地域の漁業行動

$$C_F^i(t) = \min_{L_F^i, K_F^i} [w^i(t)L_F^i(t) + r(t)K_F^i(t)] \quad (7a)$$

$$s.t. Y_F^i(t) = h_F^i (S^i(t)) L_F^i a_F^{a_F^i} (t) K_F^i a_F^{k_F^i} (t) \quad (7b)$$

ここで, F : 漁業を表す添字, C_F : 生産費用, L_F : 労働投入量, K_F : 資本投入量, Y_F : 生産量, h_F : 比率パラメータ, a_F^L, a_F^K : 分配パラメータ.

(d) 排水処理産業の行動

$$C_d(t) = \min_{L_d^i, K_d^i} [w^i(t)L_d^i(t) + r(t)K_d^i(t)] \quad (8a)$$

$$s.t. Y_d^i(t) = h_d^i L_d^i a_d^{a_d^i} (t) K_d^i a_d^{k_d^i} (t) \quad (8b)$$

ここで, d : 排水処理産業を表す添字, C_d : 生産費用, L_d : 労働投入量, K_d : 資本投入量, Y_d : 生産量, h_d : 比率パラメータ, a_d^L, a_d^K : 分配パラメータ.

(e) 取水・浄水産業の行動

$$C_Z(t) = \min_{PC_Z^i, x_Z^Z} [c_Z^i(t)PC_Z^i(t) + g_Z^i(t)(S^i(t) - S^i(t))x_Z^Z(t)] \quad (9a)$$

$$s.t. Y_Z^i(t) = \min \left[\frac{PC_Z^i(t)}{a_Z^{0i}}, \frac{x_Z^Z(t)}{a_Z^{x^Z}} \right] \quad (9b)$$

$$p_Z^Zi(t) = g_Z^i(t)(S^i(t) - S^i(t)) \quad (9c)$$

ここで, Z : 取水・浄水産業を表す添字, x_Z^Z : 取水量, C_Z : 生産費用, c_Z : 合成生産要素の単位費用, PC_Z : 合成生産要素投入量, Y_Z : 生産量, $a_Z^{x^Z}$: 取水量比率, S : 取水水質, S' : 浄水後水質, g_Z : 取水・浄水に要する単位費用, p_Z^Z : 取水・浄水の単位費用.

(f) 流域外の工業, 農業行動

$$C_j(t) = \min_{L_j, K_j} [w^i(t)L_j^i(t) + r(t)K_j^i(t)] \quad (10a)$$

$$s.t. Y_j^i(t) = h_j^i L_j^i a_j^{a_j^i} (t) K_j^i a_j^{k_j^i} (t) \quad (10b)$$

ここで, j : 産業種を表す添字 ($j=M,A(M:工業, A:農業)$), C_j : 生産費用, L_j : 労働投入量, K_j : 資本投入量, Y_j : 生産量, h_j : 比率パラメータ, a_j^L, a_j^K : 分配パラメータ.

(g) 流域外の商業, 漁業行動

$$C_j^i(t) = \min_{L_j, K_j} [w^i(t)L_j^i(t) + r(t)K_j^i(t)] \quad (j=C, F, d) \quad (11a)$$

$$s.t. Y_j^i(t) = h_j^i L_j^i a_j^{a_j^i} (t) K_j^i a_j^{k_j^i} (t) \quad (j=C, F, d) \quad (11b)$$

ここで, j : 産業種を表す添字 ($j=C, F(C:商業, F:漁業)$), C_j : 生産費用, L_j : 労働投入量, K_j : 資本投入量, Y_j : 生産量, h_j : 比率パラメータ, a_j^L, a_j^K : 分配パラメータ.

(4) 政府の行動モデル

(a) 排水処理部門の行動

$$p_h^w(t)x_h^w(t) = p_d^i(t)x_G^{id}(t) \quad (12)$$

ここで, x_G^d : 政府の排水処理財投入量.

$$p_h^w(t) = d_h^i(t) \cdot (q_h^i(t) - Q_h^i(t)) \quad (13)$$

ここで、 d_h ：家計の汚濁負荷削減単位費用， q_h ：家計からの単位発生汚濁負荷量， Q_h ：家計からの排出汚濁負荷量。

(b) 取水・浄水部門の行動

$$p_h^z(t)x_h^z(t) = p_d(t)x_G^z(t) \quad (14)$$

ここで、 x_G^z ：政府の取水・浄水財投入量。

$$p_h^z(t) = g_h^i(t) \cdot (S(t) - S^*(t)) \quad (15)$$

ここで、 S ：取水時の水質， S^* ：供給時の水質， g_h ：取水・浄水に要する単位費用。

(5) 均衡条件

$$\text{労働市場} : \sum_j L_j^i(t) + L_d^i(t) + L_z^i(t) = L_h^i(t) \quad (16a)$$

$$\text{資本市場} : \sum_i \left(\sum_j K_j^i(t) + K_d^i(t) + K_z^i(t) \right) = \sum_i K_h^i(t) \quad (16b)$$

$$\text{財市場} : x_j^i(t) = Y_j^i(t) \quad (j = C, F) \quad (16c)$$

$$\text{財市場} : \sum_i x_j^i(t) = \sum_i Y_j^i(t) \quad (j = M, A) \quad (16d)$$

$$\text{排水処理財} : \sum_i \left(\sum_j x_j^{id}(t) + x_G^{id}(t) \right) = \sum_i Y_d^i(t) \quad (16e)$$

$$\text{浄水処理財} : \sum_i \left(x_M^i(t) + x_G^i(t) \right) = \sum_i Y_Z^i(t) \quad (16f)$$

3. MPEC の定式化

本稿では、社会的純便益が最大となるような地域、主体、期毎の汚濁負荷削減量を求めるものであり、これを水質汚濁負荷削減策の効率的なスケジュールと考える。このとき、目的関数は(17)式のように表される。これは政府の意思決定行動を表したものと見え、期別、地域別の家計、産業に対する排出汚濁負荷量を排出基準として決定することに相当する。

$$\max_{Q_h^i(t), Q_j^i(t)} SNB = \sum_i N^i \int_0^{\infty} ev^i(t) \exp(-rt) dt \quad (17)$$

ここで、 $Q_h^i(t)$ 、 $Q_j^i(t)$ ：家計、産業の排出汚濁負荷量(排出基準)($j = M, A, C$)， $ev(t)$ ：期別・地域別の家計の最小受取補償額(等価的偏差)， N^i ：地域*i*の世帯数。

4. 効率的スケジュールの導出

(1) 対象施策と地域区分

本稿では、長良川における水質汚濁負荷削減策を対象とする。長良川では目標水質が本川 BOD1mg/l，都市河川 BOD5mg/l とされており¹⁾，下流域の本支流で上まわっている地点で目標水質を達成するための水質汚濁負荷削減策を検討する。なお、面源対策

については、費用や効果など不明な点が多いことから取り扱わないこととする。また、1995 年を基準年とし、目標年次 2010 年までを対象期間とする。

長良川流域を郡上地域、美濃地域、関地域、岐阜地域、羽島地域、本巣地域の 6 地域に分類するとともに、生活用水地域(知多半島地域)、工業用水地域(北伊勢工業用水域)、流域外地域(愛知県、三重県、岐阜県の市町村)を加えた 9 地域を対象地域とする。

(2) 対象施策と地域区分

データセット・パラメータを表 1~4 に示す。

表 1 家計のデータセット

	郡上	美濃	関	岐阜	羽島	本巣	生活	工業	流域外
工業財	82,731	88,795	273,880	629,109	406,253	151,369	913,848	899,913	17,767,435
農業財	2,833	902	3,744	8,234	4,867	4,932	13,736	70,322	1,640,344
商業	23,423	13,689	76,142	553,710	178,833	43,647	381,552	265,149	9,632,257
漁業	534	323	277	485	512	226	4,901	11,228	213,463
Rサービス	10,831	10,163	34,688	121,356	59,174	19,399	16,872	24,146	1,326,190
取水量							51		
排水量	3	4	12	33	26	8			
余暇消費	64	57	183	643	326	101	569	680	12,319
労働時間	46	41	132	464	235	73	412	495	9,196
所得	229,233	216,039	737,462	2,533,007	1,244,553	414,596	2,735,343	2,772,856	60,740,490
貯蓄=投資	23,430	20,997	66,939	235,677	119,479	36,923	210,878	253,183	4,707,485
資本減耗	242	227	752	2,402	1,241	429	2,535	2,027	56,870

(単位：財：100万円，水：100万m³，余暇・労働：100万時間)

表 2 家計のパラメータ

	郡上	美濃	関	岐阜	羽島	本巣	生活	工業	流域外
a_M	0.3605	0.4106	0.3710	0.2481	0.5387	0.3647	0.3337	0.3242	0.2920
a_A	0.0123	0.0042	0.0051	0.0032	0.0063	0.0119	0.0050	0.0253	0.0270
a_C	0.1021	0.0633	0.1031	0.2184	0.2336	0.1052	0.1393	0.0955	0.1583
分配 a_F	0.0023	0.0015	0.0004	0.0002	0.0007	0.0005	0.0018	0.0040	0.0035
パラメータ a_{h_r}	0.0472	0.0470	0.0470	0.0479	0.0643	0.0467	0.0062	0.0087	0.0218
$a_h^{x^z}$	0.0036	0.0035	0.0035	0.0035	0.0017	0.0035			
$a_h^{z^z}$							0.0003		
a_S	0.4720	0.4699	0.4699	0.4786	0.1547	0.4674	0.5137	0.5422	0.4974

表 3 産業のデータセット

工業	郡上	美濃	関	岐阜	羽島	本巣	生活	工業	流域外
労働投入額	63,074	67,091	204,615	472,869	306,758	112,661	649,888	782,473	12,440,688
資本投入額	36,674	39,009	118,971	274,944	178,361	65,506	411,068	300,209	8,183,970
取水量								221	
排水量	11	10	31	110	56	17			
生産額	100,163	106,540	324,929	750,941	487,137	178,906	1,060,956	1,083,413	20,624,658
農業	郡上	美濃	関	岐阜	羽島	本巣	生活	工業	流域外
労働投入額	1,058	332	1,363	3,020	1,792	1,789	2,686	41,884	941,074
資本投入額	2,383	748	3,071	6,802	4,036	4,029	13,248	42,720	963,057
排水量	49	13	75	147	100	78			
生産額	3,442	1,081	4,436	9,826	5,831	5,820	15,933	84,604	1,904,132
商業	郡上	美濃	関	岐阜	羽島	本巣	生活	工業	流域外
労働投入額	20,096	11,634	63,991	468,757	151,971	36,532	365,631	268,195	9,175,710
資本投入額	8,211	4,754	26,147	191,536	62,096	14,927	76,970	50,805	2,005,532
排水量	6	4	15	76	30	9	9	9	9
生産額	28,434	16,460	90,538	663,230	215,019	51,689	442,600	318,999	11,181,242
漁業	郡上	美濃	関	岐阜	羽島	本巣	生活	工業	流域外
労働投入額	53	32	30	48	51	18	697	1,766	29,490
資本投入額	595	357	333	533	564	201	5,620	11,743	221,462
生産額	649	389	363	581	615	219	6,317	13,509	250,952
排水処理産業	郡上	美濃	関	岐阜	羽島	本巣			
労働投入額	1,026	958	3,223	11,169	5,517	1,799			
資本投入額	597	557	1,874	6,494	3,208	1,046			
生産額	1,623	1,516	5,098	17,664	8,725	2,845			
取水・浄水産業	生活	工業							
労働投入額	548	528							
資本投入額	347	203							
生産額	895	731							

(単位：額：100万円，水：100万m³)

表 4 産業のパラメータ

工業	郡上	美濃	関	岐阜	羽島	本巣	生活	工業	流域外
比率パラメータ h_M	226	232	243	242	236	245	234	472	217
分配パラメータ a_M^L	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.61	0.72	0.60
分配パラメータ a_M^K	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.39	0.28	0.40
合成生産要素比率 a_M^0	0.9959	0.9959	0.9959	0.9959	0.9959	0.9959		0.9993	
取水量比率 a_M^c								0.0002	
排水量比率 a_M^w	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001			

農業	郡上	美濃	関	岐阜	羽島	本巣	生活	工業	流域外
比率パラメータ h_A	19	19	19	19	19	20	6	91	95
分配パラメータ a_A^L	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.17	0.50	0.49
分配パラメータ a_A^K	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.83	0.50	0.51
合成生産要素比率 a_A^0	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996			
排水量比率 a_A^w	0.0141	0.0125	0.0169	0.0150	0.0171	0.0134			

商業	郡上	美濃	関	岐阜	羽島	本巣	生活	工業	流域外
比率パラメータ h_C	383	396	415	414	402	420	1,009	1,006	969
分配パラメータ a_C^L	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.83	0.84	0.82
分配パラメータ a_C^K	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.17	0.16	0.18
合成生産要素比率 a_C^0	0.9956	0.9956	0.9956	0.9956	0.9956	0.9956			
排水量比率 a_C^w	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002		

漁業	郡上	美濃	関	岐阜	羽島	本巣	生活	工業	流域外
比率パラメータ h_F	2.47	2.48	2.70	2.49	2.48	2.14	3.35	4.03	3.59
分配パラメータ a_F^L	0.08	0.08	0.09	0.08	0.08	0.07	0.11	0.13	0.12
分配パラメータ a_F^K	0.92	0.92	0.91	0.92	0.92	0.93	0.89	0.87	0.88

排水処理産業	郡上	美濃	関	岐阜	羽島	本巣
比率パラメータ h_D	226	232	243	242	236	245
分配パラメータ a_D^L	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
分配パラメータ a_D^K	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37

取水・浄水産業	生活	工業
比率パラメータ h_Z	234	472
分配パラメータ a_Z^L	0.61	0.72
分配パラメータ a_Z^K	0.39	0.28

(3) 導出結果と考察

本研究で求めなければならない解の個数は 6 地域 × 4 主体 × 16 年 = 384 個であり，制約条件も DSCGE モデルとなっているため，解析的に解くのは困難である．そこで，連続的である削減率を 0~75% の 16 段階に区切ることによって組合せ問題に置き換え，GA を用いて近似的に解いた．

求めた汚濁負荷削減スケジュールを図 1~6 に示す．スケジュールは各地域，主体とも初期付近が最も高い削減率となっており，年次を追うごとに削減率が下がっている．下流域に位置する羽島や本巣地域が多く削減すべきであり，かつできるだけ早く削減率を高めることが効率的であることがわかる．このことは，岐阜地域のように既に汚濁負荷削減策が進んでいる地域よりも，羽島や本巣地域のような対策の遅れている地域から汚濁負荷削減を行うことが経済効率的であると示していると言える．

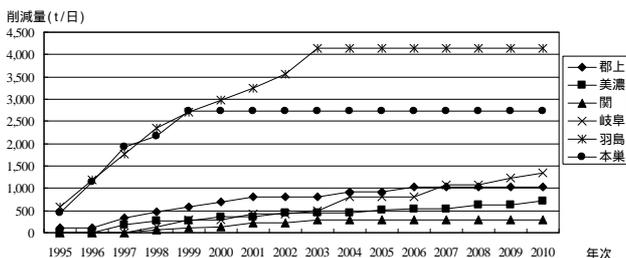


図 1 家計の汚濁負荷削減スケジュール

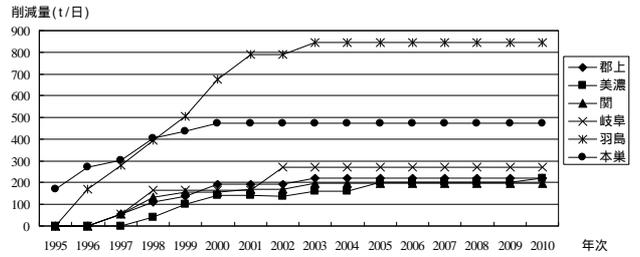


図 2 工業の汚濁負荷削減スケジュール

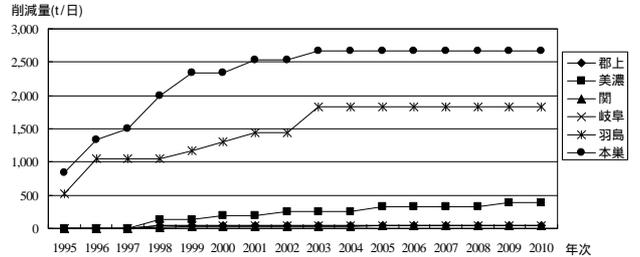


図 3 商業の汚濁負荷削減スケジュール

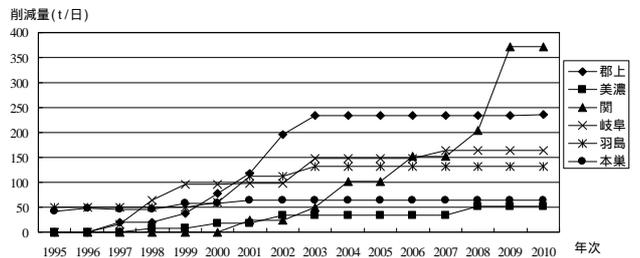


図 4 農業の汚濁負荷削減スケジュール

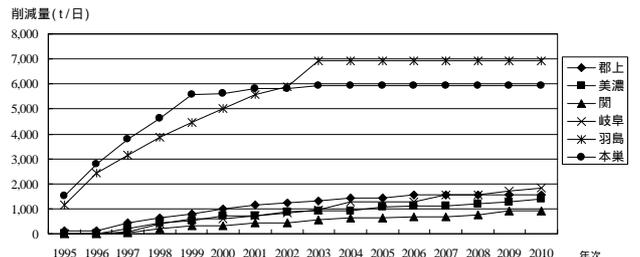


図 5 地域毎にみた汚濁負荷削減スケジュール

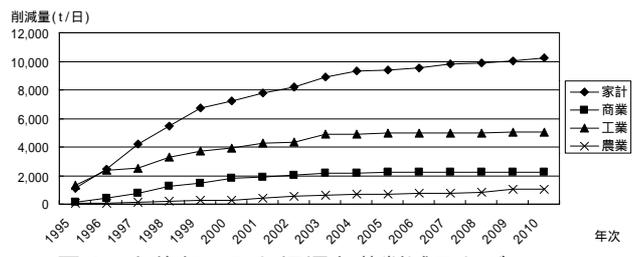


図 6 主体毎にみた汚濁負荷削減スケジュール

5. おわりに

本稿では，DSCGE モデルを制約条件とし，社会的純便益の最大化を目的関数とした MPEC に基づき，長良川における水質汚濁負荷削減策の効率的スケジュールを求めた．今後は，環境技術開発の不確実性を考慮した分析も行っていきたい．

参考文献

- 1) 岐阜県：長良川ビジョンアクションプログラム～日本の清流づくり～，1999．