

考慮する必要がある。

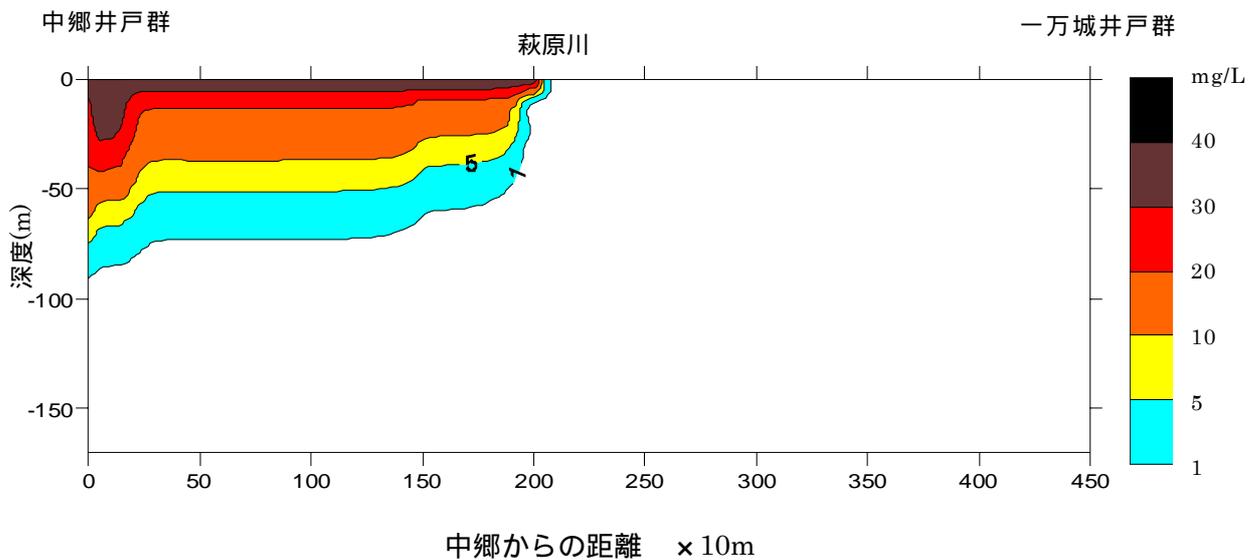


図 4-5-32 濃度分布の解析結果 (解析 1)

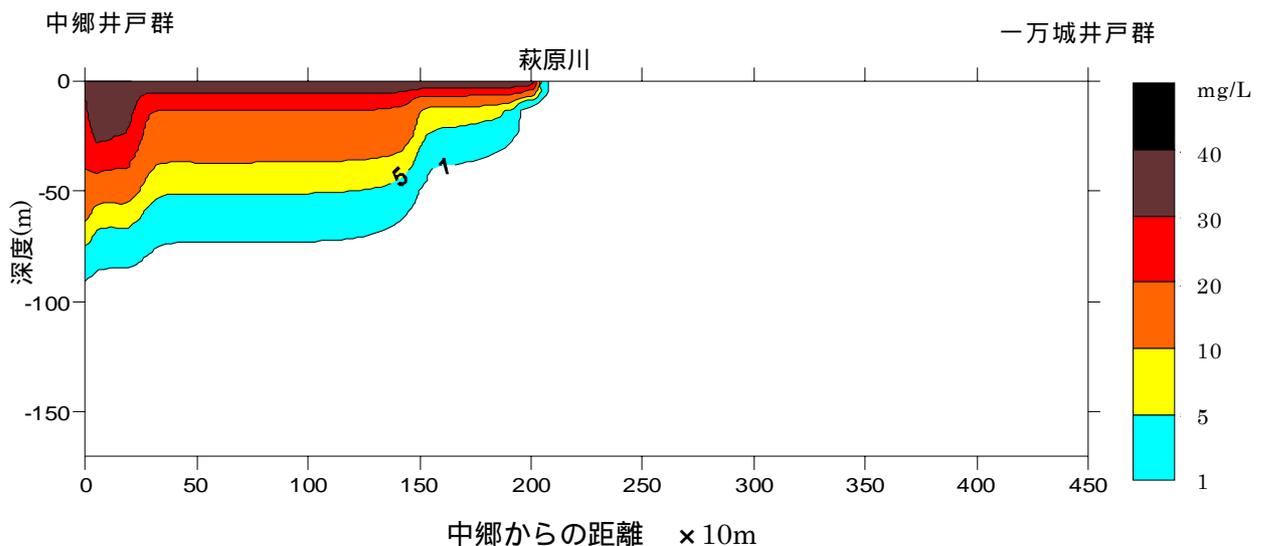


図 4-5-33 濃度分布の解析結果 (解析 2)

(4) 保全対策案の立案及び実施効果の把握

1) 浅層地下水の硝酸性窒素濃度の変化

浅層地下水の硝酸性窒素濃度の現況や汚染の進行状況の概略を把握するために、平成 8 年～平成 14 年について、2 年毎に硝酸性窒素濃度分布図を作成し、その経時的な変化について検討を行った。

なお、濃度は季節により変動するため、各年毎に年 4～6 回測定の平均値を求め、図 4-5-34 に示す領域区毎に分布図を作成した。

また、途中で廃止になる井戸や追加となる井戸があるため、全調査井戸を用いて

分布図を作成すると、濃度変化の傾向を誤って判断する可能性がある。周辺の井戸に比べて特異的に濃度が高い井戸の情報は、畜糞の不適切処理（素堀りや野積み）の影響による局所的な汚染を反映しているとも考えられるが、データが追加される以前の状況や、廃止後の状況は不明である。ここでは硝酸性窒素濃度分布の経年変化を評価するにあたり、支川流域毎の広範囲における再現に重点を置くこととした。

したがって、平成8年～平成14年の間に追加、削除となった井戸については、その井戸を評価点に加える場合と削除する場合の両方で濃度分布を作成し、周辺の濃度が極端に上昇または低下する井戸は評価の対象外とした。



No.	流域名	データ数
1	高崎	5
2	丸谷	16
3	丸谷	18
4	庄内	84
5	大淀	62
6	花之木	2
7	横市	24
8	沖水	20
9	大淀	69
10	年見	38
11	梅北	42
12	萩原	45
13	大淀	4
14	安楽	1
	計	430

図 4-5-34 濃度分布の平均値を算出した領域区分

< 検討結果 >

平成8年と平成14年の分布（図4-5-36参照）を比較すると、若干濃度の低下している地域の方が多い。元々濃度が高く、近年濃度が低下傾向にあると見られるのは、丸谷川流域のうち高崎町、山田町との境界に近い側の地域、萩原川、梅北川合流部よりも上流の地域等である。逆に濃度に上昇が見られるのは、右岸側の沖水川より下流側、庄内地区、西岳地区、中郷地区の一部である。

また、図4-5-35に示した各年の硝酸性窒素濃度は、各地域の分布から求めた各年の流域の平均値をプロットしたものである。これらの図から、濃度は平衡状態、もしくは微減の傾向にあることが分かる。また、元々硝酸性窒素濃度の高い地域（丸谷、高崎、梅北等）では近年若干濃度が低下する傾向が見られる。

以上から、現在浅層地下水の硝酸性窒素濃度はほぼ平衡状態にあるものと考えられる。この傾向は、豊満ら¹¹⁾でも確認されている。しかし、観測井の水位の低下等から、地下水の賦存量が今後減少する可能性も否定できないことから、今後も継続してモニタリングを実施していく必要があると考える。

なお、豊満ら¹¹⁾の検討は行政区分（主要地区別）毎に井戸を抽出しての評価であったが、今回の評価は主要支川の流域別に井戸を抽出して集計を実施している。

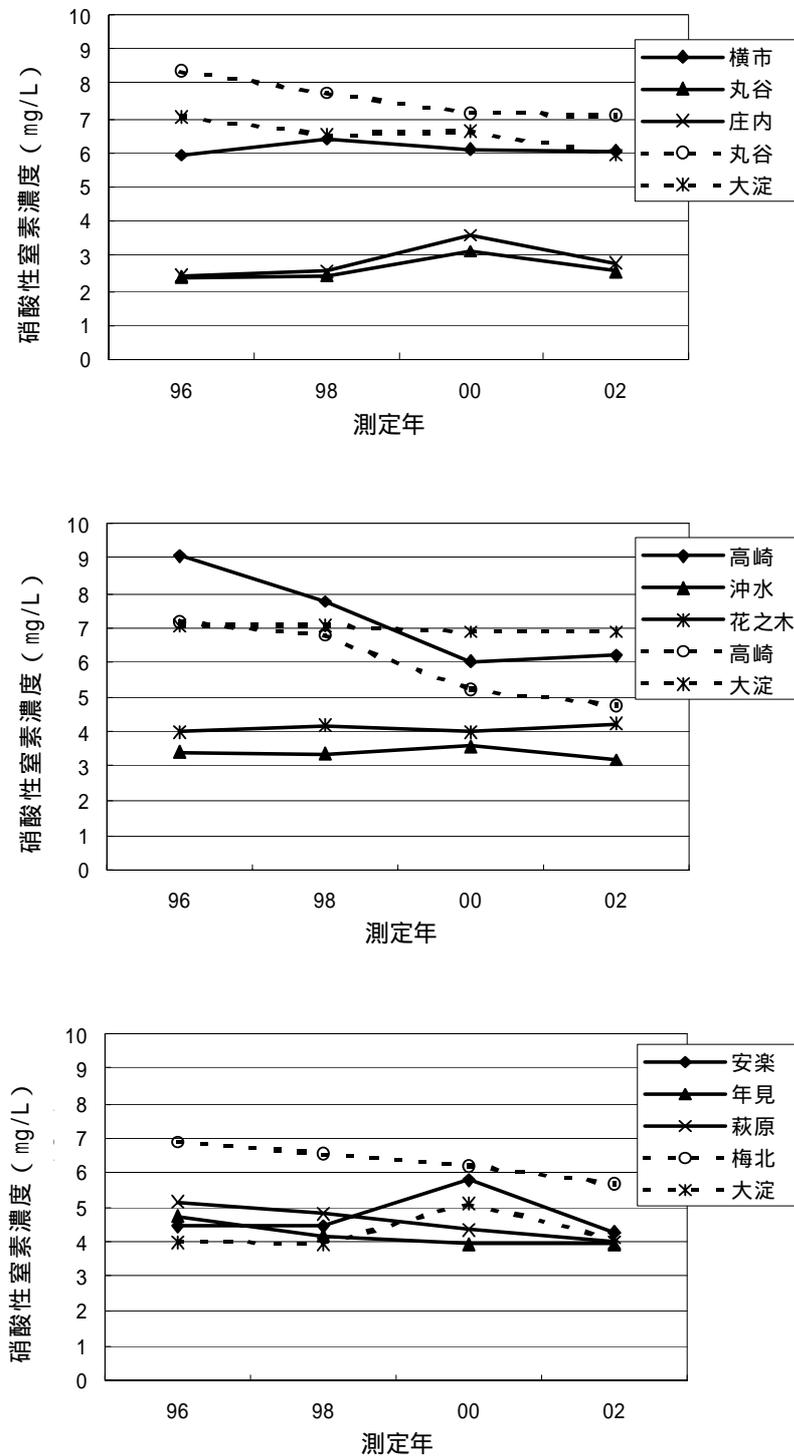


図 4-5-35 浅層地下水の硝酸性窒素濃度経年変化（平成 8 年～平成 14 年）

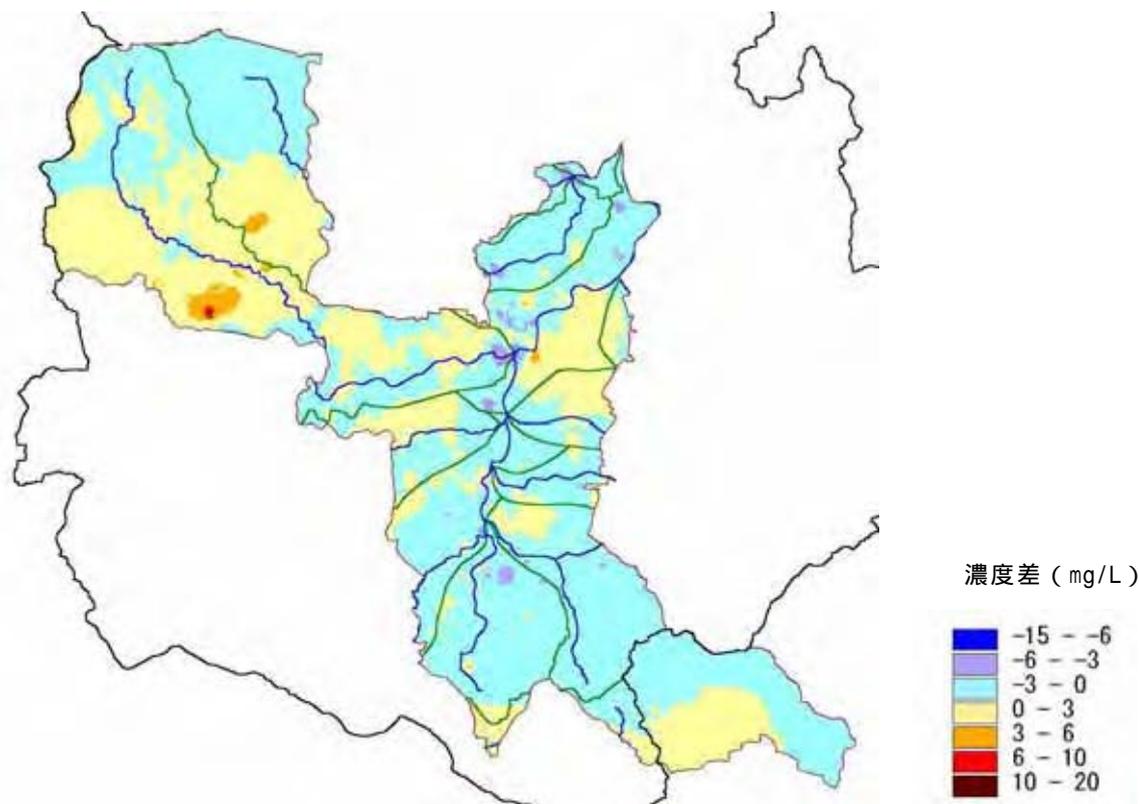


図 4-5-36 浅井戸の硝酸性窒素濃度の変化（平成 8 年と平成 14 年の差）

2) 硝酸性窒素濃度の再現収支モデルの作成

地下水涵養量、硝酸性窒素の地下浸透量の現状を予測し、硝酸性窒素濃度の分布を再現する簡略な収支モデルを作成すると共に、このモデルを用いて、畑地への施肥削減等の対策を講じた場合の効果について検討した。

ア) 基礎情報の整理

(1)-9)で示した各気象データ(図 4-5-12~14)を基に蒸発散量を推計した。本検討では、平成 12 年度算定の負荷量を基に地下水濃度を推定するが、年間の総雨量は 2,500mm として涵養量等の計算を実施した(平成 3~平成 12 年の都城気象台年総雨量の平均値は 2,498mm)。

蒸発散量については、気温を関数とした Thornthaitte 方法により推定した。なお、年間可能蒸発散量は Thornthaitte 方法により推定した値の 70%と考えた。図 4-5-37 に、近年の気温から推定した年間可能蒸発散量の変化を示す。図 4-5-37 から、都城盆地の蒸発散量の平均値を 600mm とした。ただし、窒素負荷の最も高い土地利用形態である畑地については、蒸発散量と涵養量の関係について実測値を用いた。

Thornthaitte の方法はアメリカ合衆国の実測値に合うよう経験的に定められたものであり、我が国ではこの方法で求めた蒸発散量の年値は小型蒸発計蒸発量の約 0.7 で妥当な値を示すとされる。(改訂地下水ハンドブック建設産業調査会 p46)

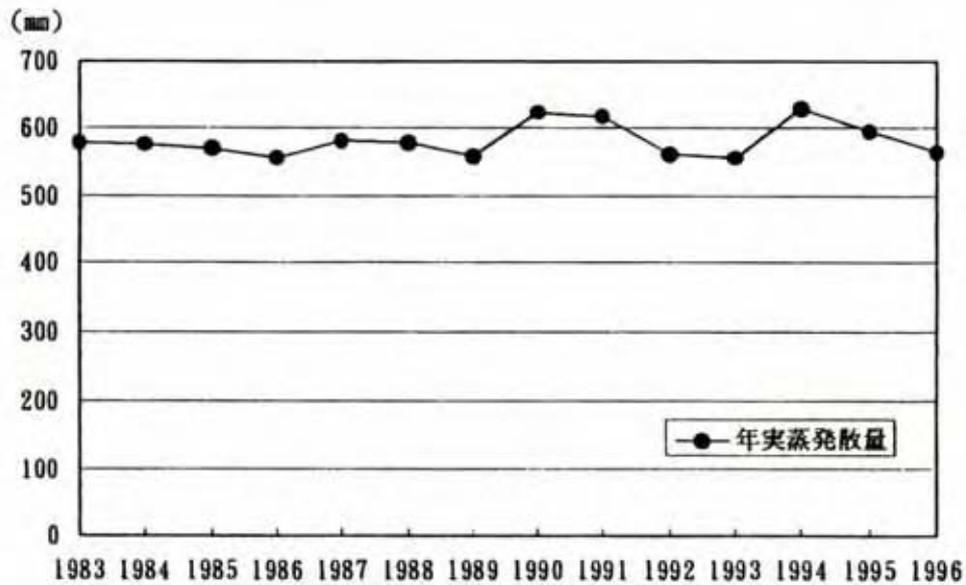


図 4-5-37 可能蒸発散量 (1983~1996、Thornthaite の式により算定)

イ) 涵養量の推定

a) 畑地からの涵養

$$\text{単位面積当たりの涵養量} = \text{畑地浸透率} \times (\text{降水量} - \text{蒸発散量})$$

現地の畑地における浸透水量に関する資料としては、九州農業試験場小林ら¹²⁾による報告があり、昭和53年~昭和60年の8年間の平均値で1,436mmという測定データがある(この期間の年降雨量平均値は2,455mm)。

現地での実測値を重視し、単位面積当たりの涵養量を1,436mm/年とした。この時の浸透率を逆に求めると、75.6%となる。畑地の浸透率に関する文献値としては、「畑地における水分と物質の移動特性に関する研究() 国立公害研究所研究報告(1986)」において55%という値がある(土壌が都城と同じ黒ボクが対象)。実績値はこれよりも大きい、都城盆地は多雨地域であり、浸透率も大きい可能性がある。

b) 水田からの涵養

$$\begin{aligned} \text{単位面積当たりの涵養量} &= (\text{減水深} - \text{蒸発散量}) && \text{: 灌漑期} \\ &= \text{畑地の単位面積当たりの涵養量} && \text{: 非灌漑期} \end{aligned}$$

なお、減水深は20mm、灌漑期は6~9月の4ヶ月間とした。

c) 山地(森林)からの涵養

単位面積当たりの涵養量 = 山地浸透率 × (降水量 - 蒸発散量)

山地部に降った雨は大半が流出することが知られている。日本における山地からの流出率は概ね 80% 前後とされており^{*1)}、残りの 20% が浸透分と考えることができる。ここでも山地浸透率を 20% と仮定して上式により涵養量を求めた。

d) 宅地、その他（公用地、原野等）の土地利用目途からの涵養

単位面積当たりの涵養量 = 浸透率 × (降水量 - 蒸発散量)

宅地及びその他の地域の浸透率は森林の 50%（浸透率 10%）^{*2)}と仮定して上式により涵養量を求めた。山地と宅地の浸透率は、対象地域の硝酸性窒素濃度観測値との整合性も勘案し、ある程度試行錯誤的に浸透率を変えて再現計算を行い、上記の数値を設定している。

e) 水域

単位面積当たりの涵養量 = 水域の浸透率 × (降水量 - 蒸発散量)

水域からは灌漑期の水田と同様の浸透量があるものとした。

前述のとおり、浸透率には仮定も含まれるが、以上の条件で地下水の硝酸性窒素分布を再現し、市域全体の井戸観測値から求めた硝酸性窒素濃度の平均値等との整合性を見て設定した値である。結果の整合性については、濃度の現状再現の項目で示す。

表 4-5-12 土地利用別の涵養量設定値

項目	涵養量(mm/日)	涵養量(mm/年)	備考
宅地	0.52	190	森林の 50%とした
水田	18.3(灌漑期)、3.93(非灌漑期)	3,159	灌漑期：6月～9月とした
畑地	3.93	1,436	
森林	1.04	380	
水域	18.3	6,680	
その他	0.52	190	森林の 50%とした

*1) 日本内地河川の流出係数(表面流出成分)は、通常山地河川で 0.75～0.85 の数値を用いる。
(河川砂防技術基準(案)同解説 調査編 山海堂 p87)

*2) 宅地の浸透率は 0 とする場合も多いが、0 とすると人口密集地域である中央地区右岸側の濃度分布が現状に比べて高濃度の評価となったことから、ここでは宅地の浸透率を 0～20% の範囲で変えて濃度分布の再現を実施し、現状の分布を最も再現すると思われる数値を採用した。

表 4-5-13 土地利用別の涵養量

	涵養量(m ³)/年	比率(%)	面積(km ²)
宅地	10,197,300	3.1	53.67(17.5%)
畑地	64,103,040	19.6	44.64(14.6%)
水田	139,311,900	42.6	44.10(14.4%)
森林	57,851,200	17.7	152.24(49.8%)
水域	55,176,800	16.9	8.26(2.7%)
その他	421,800	0.1	2.96(1.0%)
合計	327,062,040	100.0	

ウ) 窒素浸透量の推定

窒素の地下浸透量は、以下のとおりとした。

降雨に含まれる窒素：

平成 13 年の当市での観測値を基に推定

水田からの窒素浸透：

流総指針に掲載されている水田の窒素負荷原単位を基に推定

当地域の施肥は標準施肥の 2 倍程度と考えられることから、指針の平均値の 2 倍を与えた。

畑地からの窒素浸透：

畜糞発生量と耕作地面積の関係等から当該流域における施肥量を推定（県の施肥基準の 2 倍程度）。この数値を基に施肥量と窒素浸透量の関係式（平田健正編、土壌・地下水汚染とその対策）から推定

畜産：

畜種毎、流域毎に不適切処理の頭数を考慮し、一頭当たりの窒素負荷原単位と地下浸透率を基に推定

森林：

流総指針に掲載されている汚濁負荷原単位の調査事例の平均値から、単位面積当たりの窒素負荷を推定した。

生活系：

処理形態毎に表のとおり浸透量を設定し町丁目毎の人口分布と各処理形態の状況（表 4-5-14）を考慮して地下浸透量を推定

水域からの負荷：

都城盆地地域の河川の窒素濃度は、他の河川に比べて相対的に高い。平成 13 年～14 年にかけて流域の支川も含む 28 地点で 4 回実施した一斉水質調査結果によると、都城盆地部の河川の窒素濃度は全地点平均で 2.6mg/L となる。水域から浸透する水の硝酸性窒素濃度としてはこの数値を与えた。

なお、水域から浸透する水の窒素濃度は同流域の観測値平均（2.6mg/L）であると仮定し、これに涵養量を掛けて水域からの負荷量を推定した。

都城盆地地域の土壌の飽和透水係数の目安としては、表 4-5-15 がある。水平方向の水の流れは地下水面の動水勾配に支配されるため一概には言えないが、仮に水の移動速度が $5 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ のオーダーであると仮定すると、地下水が 2 km 移動する時間スケールは約 6 年程度となる。

表 4-5-14 土地利用目途別、汚水処理形態別、畜種別の窒素負荷量

項目	小分類	負荷量	単位	備考
降雨	-	0.52	kg/10a/年	降雨測定値(2001年)0.2mg/Lによる
施肥	水田	2.56	kg/10a/年	流総指針p57T-N純排出量平均値の2倍
	畑	22.28	kg/10a/年	施肥削減を想定する場合は11.14(現状の50%)
畜産	牛	2.65	kg/頭/年	原単位 $\times 0.25$ (浸透率),不適切分のみ
	豚	0.548	kg/頭/年	原単位 $\times 0.25$ (浸透率),不適切分のみ
	馬	1.55	kg/頭/年	原単位 $\times 0.25$ (浸透率)
森林	-	0.44	kg/10a/年	
生活	下水処理	0	kg/人/年	
	農業集落排水	0	kg/人/年	
	合併浄化槽	0	kg/人/年	
	単独浄化槽	0.13	kg/人/年	生活排水原単位 $\times 0.25$ (浸透率)
	くみとり	0.13	kg/人/年	生活排水原単位 $\times 0.25$ (浸透率)

降雨の負荷は、都城盆地における地下水の硝酸態窒素濃度 豊満幸雄, 武藤勲, 杉本安寛
 都城盆地の地下水保全に関する研究 平成14年3月を基に設定
 畜産負荷の浸透率については参考文献¹³⁾参照

表 4-5-15 火山灰土壌の飽和透水係数

区分	土壌分類	飽和透水係数(cm/s)	摘要
測定結果	黒ボク	1.12×10^{-3}	室内(攪乱土)
	黒ボク	2.90×10^{-2}	室内(不攪乱土)
	黒ボク	1.12×10^{-5}	室内(不攪乱土)
	黒ボク	7.42×10^{-5}	室内(不攪乱土)
	ボラ	4.86×10^{-3}	室内(不攪乱土)
	クロニガ	1.05×10^{-5}	室内(不攪乱土)
	シラス	2.25×10^{-4}	室内(不攪乱土)
文献値 (杉尾ら)	黒ボク	5.84×10^{-4}	原位置
	シラス	9.17×10^{-4}	原位置
	シラス	2.65×10^{-4}	原位置

黒ボク土壌における硝酸性窒素の不飽和浸透輸送と地下水保全対策に関する研究 H13.7 山下直紀 宮崎大学博士論文より抜粋

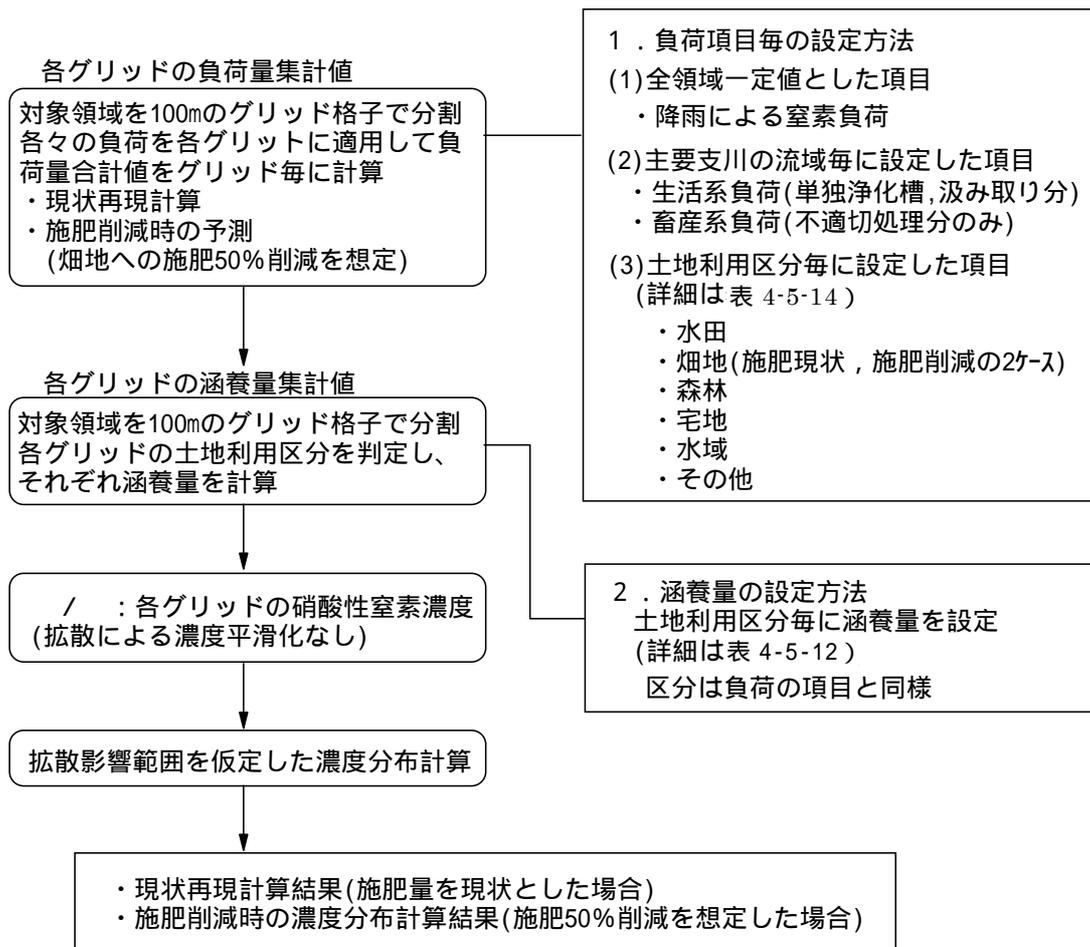


図 4-5-38 硝酸性窒素濃度再現モデルの考え方（概念図）

< 検討結果 >

本市を含む都城盆地地域における浅井戸の硝酸性窒素濃度平均値は約 5.5mg/L（平成 12 年観測値の年間平均）である。これに対し、本検討で算定した負荷量と地下水涵養量の関係から推定した硝酸性窒素濃度平均値は 4.57mg/L となっており、観測値の 83% 程度である（表 4-5-16 参照）。観測井戸のうち、畜産農家の所有する井戸の中には、野積みや素掘りの影響を受け、10mg/L 以上の高濃度を示す井戸もあるが、本検討では素掘りや野積みの影響を反映できていない（素掘り、野積みの位置については一部位置情報を得ているが、全てを把握できていないため、野積み、素掘りからの硝酸性窒素の溶出の影響はモデルから除外した）ため、平均濃度は若干過小評価になるものと考えられる。

また、畑地における硝酸性窒素濃度の実測値と本検討の整合については、畑地の浸透水量の設定時に参考とした文献（暖地多雨地帯の飼料作畑における施肥窒素の動態 九州農業試験場報告 第 29 号 p109～162）の中で、12.8mg/L という値（1978 年～1985 年の 8 年間の平均値、最小値 4.0mg/L、最大値 18.2mg/L）が得られており、概ねこの数値と同オーダーが得られた（表 4-5-16 参照）。

現状再現（図 4-5-39、図 4-5-40）の硝酸性窒素濃度分布と観測値による分布を比較すると、大淀川上流側、大淀川本川左岸側、大淀川本川下流域で相対的に濃度が高い傾向は再現できている。しかし、西岳地区では計算値が大きくなる範囲が、中郷地区では観測値の方が大きくなる範囲が見られる。この理由としては以下のことが考えられる。

西岳地区：計算値では畑地が分布する地域で濃度が高くなる評価であるが、同地域には観測井戸がないため、観測による分布図が過小評価になっている可能性がある。

中郷地区：観測井戸で高濃度の硝酸性窒素が検出される井戸がある。この井戸は畜舎の影響を受けている可能性があり、本モデルにおいては、これを反映できていない。

なお、現在の条件をそのまま適用し、畑地への堆肥及びスラリーの施肥が基準の2倍程度と考えられる実態から、当地域の施肥基準を遵守（施肥量の50%削減を想定）した場合に当市域の硝酸性窒素濃度分布がどのように変化するかを試算した。その結果を図 4-5-41 に示す。

過去の地下水調査資料の検討により、都城地域では畑地の分布と高濃度の硝酸性窒素濃度分布地域に高い相関が得られていることが分かっている。また、負荷総量に占める畑地の負荷の割合は約70%と非常に大きい。図 4-5-41 に示されたように仮に施肥設計基準を遵守できたとすると、10mg/L以上の地域がほぼ改善される可能性があると考えられる。したがって、浅層地下水の濃度を低減させるためには、畜産農業活動による流域内の窒素循環量の低減策について考えることが重要であることが改めて浮き彫りになったと思われる。ただし、ここで検討しているモデルは簡易的な収支モデルであるため現状再現、予測には限界もある。厳密には地下水流動を含む汚染物質の拡散解析により評価する必要がある。

表 4-5-16 都城市全域の集計値

	面積(km ²)		負荷量(t/年)	涵養量(m ³ /年)	濃度(mg/L)
		(%)			
宅地	53.67	(17.5%)	0.0	10,197,300	
畑地	44.64	(14.6%)	994.6	64,103,040	15.5
水田	44.10	(14.4%)	112.9	139,311,900	0.8
森林	152.24	(49.8%)	67.0	57,851,200	1.2
水域	8.26	(2.7%)	143.4	55,176,800	2.6
その他	2.96	(1.0%)	0.0	421,800	
生活系負荷			53.8		
畜産系負荷			53.6		
降雨中の負荷			69.5		
合計	305.87	(100.0%)	1494.8	327,062,040	
平均濃度(mg/L)					4.57

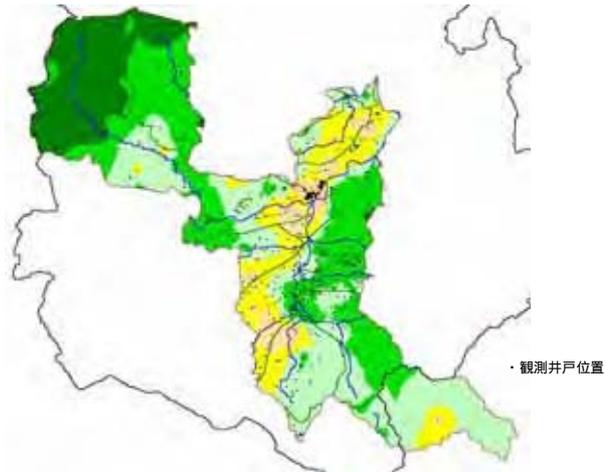


図 4-5-39 平成 12 年（2000 年）観測値を基にした分布図

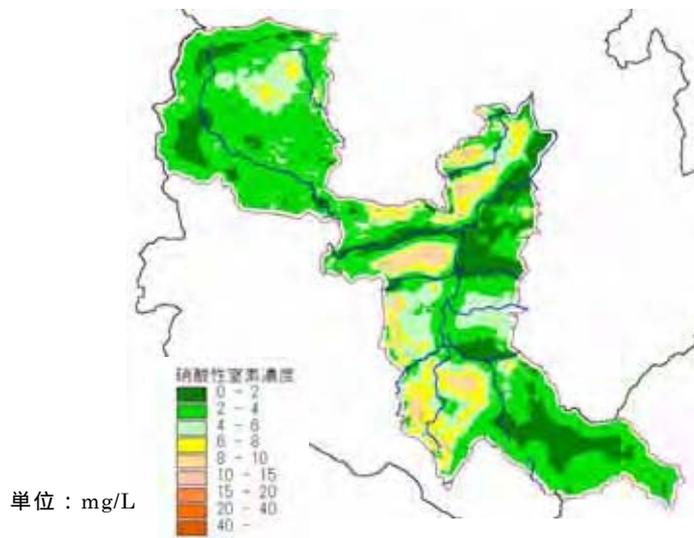


図 4-5-40 モデルによる再現結果（現状再現）

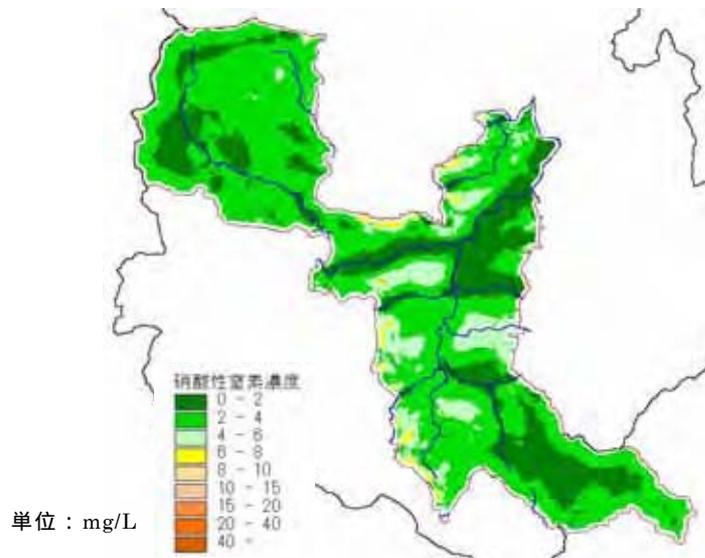


図 4-5-41 同様のモデルを用い、畑地への施肥量 50% 削減を想定した場合

3) 保全対策の立案

本市における過去の地下水調査及び硝酸性窒素濃度の再現収支モデルにより硝酸性窒素負荷低減について、方向性を示すことはできた。しかし、窒素負荷算定等については、畜糞処理形態の状況、農地還元量、施肥の実態調査など、詳細な調査を要する。

現在、当地域において関係機関による環境負荷低減に関する各種対策事業が実施もしくは計画されている。この中で硝酸性窒素対策に関わる具体的な事業及び計画を示す。

宮崎県では畜産環境施設の整備として、大規模施設の整備を目的とした「畜産振興総合対策事業」(国庫事業、3戸以上の集団を対象、2分の1補助)、中小規模の整備を目的とした「環境と調和した畜産経営推進緊急対策事業」(県単独事業、3戸以上の集団を対象、2分の1補助)の補助事業を行っている。

また、平成12年～13年度畜産振興総合対策事業として、当地域に鶏糞ボイラー施設(計画鶏糞処理量10万t/年)を整備し、稼動している(参考資料参照)。

本市の家畜排せつ物処理施設の整備状況(平成13年度末時点)については、約500戸が不適切農家と推測される。このうち、約160戸は補助事業等を活用した施設整備の必要があり、残りの約340戸については、廃業による自然減及び糞尿処理体系の変更や既存施設の有効利用、簡易施設の設置などにより、家畜排せつ物法の管理基準に適合できると考えている。平成14年度に家畜排せつ物処理施設整備計画を作成し、平成16年度までに全農家の施設整備が完了するものと推測している(表4-5-17)。

表 4-5-17 家畜排せつ物処理施設整備状況及び施設整備計画

畜種	農家戸数	規制対象農家戸数	不適切農家戸数(推測)平成13年度末	整備必要農家戸数(推測)平成13年度末	平成14年度整備計画件数	平成15年度整備計画件数	平成16年度整備計画件数
肉用牛	1,693	490	294	100	20	40	40
養豚	135	110	81	46	15	15	16
酪農	162	162	70	14	5	5	4
養鶏	76	76	47	0	0	0	0
馬	34	11	10	0	0	0	0
合計	2,100	849	502	160	40	60	60

施設整備が完了した場合、表4-5-9に示した畜産系負荷量46.7t/年に相当する窒素負荷が適正に処理されると予想される。しかし、施設整備後も、農地還元や排水処理に伴う窒素負荷は生じることから、今後、施設整備の効果及びこれらの窒素負荷による環境影響の評価が必要である。

都城盆地地下水保全対策連絡協議会においては、今後、具体的な硝酸性窒素対策を推進していくために、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素に係る水質汚染対策マニュアル

(平成13年7月2日 環水管第118号、環水企第122号)に基づき、当協議会を構成する関係1市8町により、事業実施要望を宮崎県及び鹿児島県に対して行い、宮崎県環境政策課により平成15年度より都城盆地の地下水域を対象とした都城盆地硝酸性窒素等対策推進事業(図4-5-42)が行われる予定となっている。

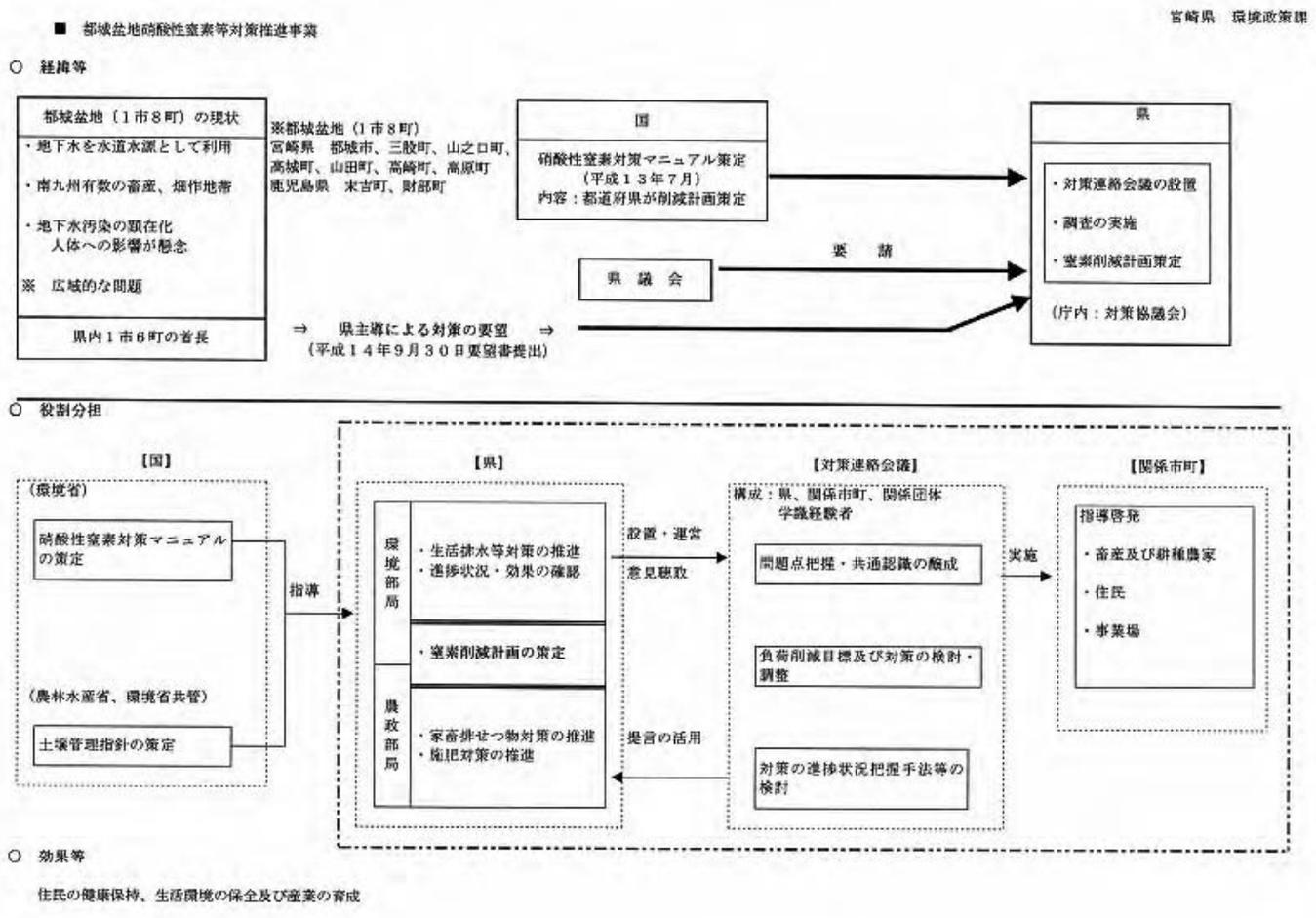


図 4-5-42 都城盆地硝酸性窒素等対策推進事業フロー

また、都城市では、平成12年10月から環境省の硝酸性窒素総合対策推進事業を受託し、有識者、関係機関による都城市硝酸性窒素総合対策検討会及び連絡調整会議を設置し、地下水の現状調査、汚染機構の解明、対策などについて検討を進めている。以下に構成を記す。

都城市硝酸性窒素総合対策検討会	関係機関
杉尾哲宮崎大学工学部教授（会長） 武藤勲宮崎大学農学部助教授（副会長） 杉本安寛宮崎大学農学部教授 豊満幸雄宮崎大学農学部助教授 平田昌彦宮崎大学農学部助教授 西脇亜也宮崎大学農学部助教授 出口近士宮崎大学工学部助教授 嶋田純熊本大学理学部教授 都城市生活環境部長	国土交通省宮崎工事事務所 九州沖縄農業研究センター 宮崎県関係課（環境政策課、畜産課、営農指導課、北諸県農林振興局、北諸県農業改良普及センター、都城保健所） J A 都城 都城市関係部課（企画部企画調整課、産業部農政課、畜産課、水道局工務課、生活環境部生活環境課）

図 4-5-43 硝酸性窒素総合対策検討会及び連絡調整会議の構成

本検討会等は、平成 12 年 11 月 30 日に設置後、平成 14 年度までに 5 回行い、過去の当地域における地下水調査結果を基礎に硝酸性窒素による汚染要因、汚染機構、地下水流動機構など以下の事項について対策を推進するための評価及び調査を実施した。

- 汚染地域における土壌の窒素保持量調査
- 汚染地域における N 測定結果等から見た汚染要因の推定
- 窒素負荷量の実態調査
- 地下水流動解析
- 保全対策案の立案及び実施効果の把握

これらの検討により本市における地下水の硝酸性窒素の問題について関係機関の共通認識が高まった。

さらに平成 13 年 7 月に環境省が示した「硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素に係る水質汚染対策マニュアル」により本市と同じ地下水域を有する都城盆地を対象地域に、宮崎県環境政策課が中心となり有識者、国土交通省、宮崎県、鹿児島県の関係機関、関係自治体、J A などによる「都城盆地硝酸性窒素等対策推進事業」が平成 15 年度から行われることとなった。

なお、当該事業では、今後、窒素負荷低減に関して環境、農政サイドからの各対策案について検討を行うなど基本計画を策定する予定である。

(5) おわりに

大淀川上流域は国内有数の畜産農業地帯であり、その経営から生じる家畜排せつ物は、輸送性の困難さ、農地還元の限界等により窒素負荷要因の大きな割合を占めている。家畜排せつ物と施肥の実態調査によると、流域では堆肥の施肥量は宮崎県の施肥設計基準の 2 倍程度であると見込まれており、これを削減する方策を立案しなければ農地由来の負荷削減は望めない。しかし、当市で年間に発生する家畜排せつ物量は 100 万 t 程度、

さらに都城盆地全体では 200 万 t 程度と予想され、現状でも窒素負荷は過剰となっている(系外からの飼料搬入等により、流域で処理できる窒素以上の負荷が盆地内に蓄積されている)。これを短期間に削減することは困難であり、堆肥以外での有効利用や系外への流通も含めた施策実施が必要である。

本市では、平成 7 年度から上水道をはじめ地域のほとんどの用水に利用される地下水について量的及び質的保全を目的に地下水保全対策事業を行っている。農業を基幹産業とする本市の地域経済構造より農業由来の地下水汚染の可能性を示唆することについて当初、市関係課を含め関係者の合意が得られない状況が見られた。また、一地方都市である都城市が調査研究を主体とする事業を実施するためには住民の理解を要する。行財政運営における透明性を確保するために I R (Investor Relations) 活動の考え方を取り入れ、行政のインベスター(投資家=納税者) 市民に情報を提供し、適切な事業評価を(市民の代表で構成される)市議会に委ねる必要がある。

さらに、地下水の利用実態において市民の井戸水への高い嗜好により何らかの形で飲用に供している実態があった。

以上の背景から地下水の硝酸性窒素による汚染の現状調査を関係機関の協力を得ながら実施し、その結果について広報紙への掲載、地元説明会の開催など情報公開を積極的に行い、アカウンタビリティの確保に努めた結果、井戸の水質調査の協力など高い住民の理解と関心が得られた(図 4-5-44)。

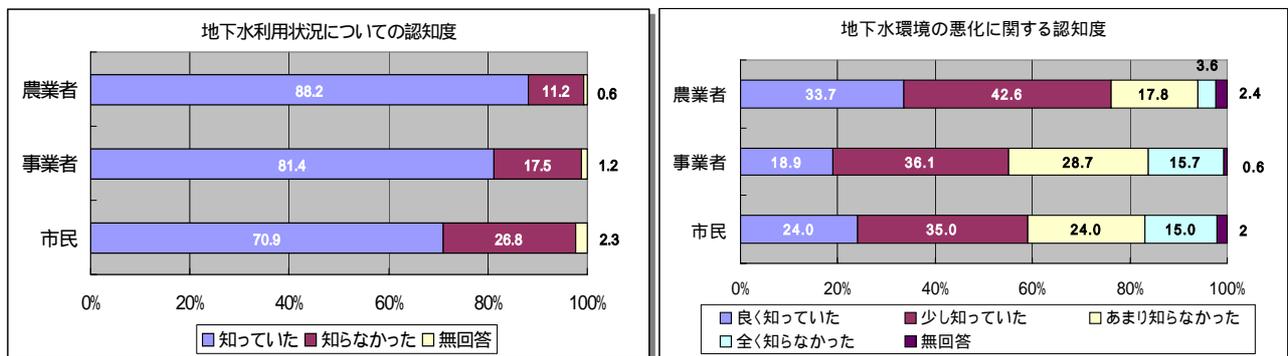


図 4-5-44 地下水に関する市民意識(都城市環境基本計画から H14/2)

また、本調査の実施により従来の調査で不明であった複雑な地下水の流動・循環機構、硝酸性窒素による汚染要因など今後の対策を進める上で貴重な情報が得られた¹⁴⁾。

今後も地域の重要な循環資源である地下水について、住民をはじめ多様なステークホルダー(利害関係者)の共通認識を深め、関係機関と連携を行いながら実効力のある対策事業を推進する必要がある。

【引用文献】

- 1) 「宮崎県内水資源操業調査地下水調査(都城盆地)報告書」宮崎県(昭和 59 年)引用
- 2) 「大淀川上流地域地下水保全対策検討業務報告書」国土交通省九州地方整備局宮崎工事事務所(平成 13 年 3 月)
- 3) 「都城市における地下水の硝酸性窒素濃度の現状と今後の予測」宮崎大学農学部豊満、

武藤、杉本報告書（平成 13 年 3 月）

- 4) 「一級河川の水質測定資料 平成 12 年度版」国土交通省九州地方整備局（平成 13 年 6 月）
- 5) 築城幹典・原田靖生（1997）家畜の排泄物量推定プログラム．システム農学 13, 17-23.
- 6) 杉本安寛・東善敏・武藤勲・豊満幸雄（2000）宮崎県内 Y 地域における硝酸による地下水汚染．システム農学 16（別 2）, 40-41.
- 7) 熊澤喜久雄・中西康博・山本洋司・朴光来・田村幸美（1997）¹⁵N 法による地下水の硝酸態窒素汚染源の推定法について．—沖縄県宮古島の地下水調査から—．農大総研紀要 9, 32-50.
- 8) 赤井直彦・石橋英二・大家理哉（2000）畑作地帯における浅層地下水の実態調査．¹⁵N 法による地下水の硝酸態窒素汚染源の推定事例集．日本土壌協会．pp. 89-95.
- 9) 平田昌彦（2001）南九州地域における持続型畑作農業の将来展望．3．畜産との関わりからみた南九州の畑作農業の課題．日作紀 70, 309-313.
- 10) 土壌地下水汚染と対策 平田健正編著、1999、p211
- 11) 「都城盆地の地下水保全に関する研究 平成 10・11・12 年度調査研究成果報告書」平成 14 年 3 月 都城盆地地下水保全対策連絡協議会のうち、都城盆地における地下水の硝酸性窒素濃度 宮崎大学農学部 豊満幸雄、武藤勲、杉本安寛
- 12) 暖地多雨地帯の飼料作畑における施肥窒素の動態」小林義之、大嶋秀雄、長谷川功、新美洋 九州農業試験場報告 第 29 号 p109~162 平成 7 年
- 13) 硝酸性窒素による地下水汚染 水環境学会誌 12 号 1996 年 12 月
- 14) 盆地の地下水 都城市環境保全課 平成 8 年 3 月