

# 硝酸性窒素等による地下水汚染対策マニュアル

平成 28 年 5 月

環境省 水・大気環境局  
土壌環境課 地下水・地盤環境室

## 目次

はじめに.....	1
第 I 編 硝酸性窒素等による地下水汚染対策マニュアル.....	2
1. 硝酸性窒素等による地下水汚染の特徴.....	3
2. 地下水の実態把握の手法.....	4
3. 地下水汚染の原因と対策効果の調査手法.....	7
3. 1. 原因究明と対策効果の把握に関する調査の概要.....	7
3. 2. 地下水調査手法.....	9
3. 3. 地下水の窒素負荷発生状況調査（窒素原単位法）.....	23
3. 4. 数値シミュレーション手法.....	31
4. 硝酸性窒素等に係る対策.....	41
4. 1. 地下水汚染対策に係るこれまでの取組み.....	41
4. 2. 硝酸性窒素等に係る主な負荷源の種類.....	44
4. 3. 硝酸性窒素等に係る主な負荷源対策.....	47
4. 4. 水循環基本計画と対策の進め方.....	83
4. 5. 対策の推進.....	85
4. 6. 情報の公開等.....	88
第 II 編 参考資料編.....	90
1. 硝酸性窒素等による健康影響等.....	91
1. 1. 人の健康影響.....	91
1. 2. 家畜の硝酸性窒素被害.....	92
2. 硝酸性窒素等による地下水汚染の状況.....	95
2. 1. 硝酸性窒素等に係る地下水の常時監視調査結果の概要.....	95
2. 2. 地下水の硝酸性窒素等による汚染原因.....	99
2. 3. 硝酸性窒素等による地下水汚染対策の状況.....	101
2. 4. 窒素負荷低減対策の実施状況.....	106
3. 自然界における窒素の循環と地下水汚染.....	107
3. 1. 土壌環境中における窒素の動態.....	107
3. 2. 窒素循環における硝酸性窒素の生成因子.....	109
4. 我が国における窒素資源循環について.....	113
4. 1. 我が国の窒素の収支.....	113
4. 2. 地域における適正な窒素資源循環.....	117
5. 海外の窒素循環政策と研究の動向.....	119

5.1. 海外の硝酸性窒素施策に関する情報 .....	119
5.2. 窒素循環変化が起こす環境問題の認識の変化 .....	134
5.3. 国際的な窒素循環研究の状況 .....	134

平成 27 年度 地下水保全のための硝酸性窒素等地域総合対策検討会 委員名簿

## はじめに

全国の地下水の水質測定結果において、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素（以下、「硝酸性窒素等」という。）の環境基準の超過率は、継続して地下水環境基準項目の中で最も高くなっており、硝酸性窒素等による地下水汚染問題は喫緊の課題です。特に、硝酸性窒素等は乳児にメトヘモグロビン血症を引き起こすことが知られており、良質な地下水資源に恵まれ、水道水源を地下水に頼っている地域においては、深刻な問題となっています。

硝酸性窒素等は、その発生源（施肥、家畜排せつ物、生活排水等）が面的かつ多岐にわたることから、その対策に当たっては、関係行政機関や関係団体、及び住民の理解と協力を得て、地域の自然的・社会的特性、汚染実態、発生源の状況等に応じた総合的な対策を計画・実施することが重要となります。

また、平成 26 年 4 月に公布された「水循環基本法」や平成 27 年 7 月 10 日に閣議決定された「水循環基本計画」に基づき、水循環の視点において地下水挙動を把握した上で持続可能な地下水の保全と利用を図る「地下水マネジメント」を実施することが求められています。

環境省では、硝酸性窒素対策の技術的ガイドラインとして以下の資料（以下「硝酸性窒素対策マニュアル等」という。）を平成 11～13 年に策定しました。

- 「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（平成 13 年 7 月）」
- 「硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素に係る土壌管理指針（平成 13 年 7 月）」
- 「硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素に係る参考資料集（平成 13 年 12 月）」
- 「硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素に係る地下水汚染調査マニュアル（平成 11 年 3 月）」

今回作成したマニュアルは、上記資料の内容を更新するとともに、新たな知見、情報等を追加するとともに、水循環基本計画の内容を踏まえ、構成等を編集し直し、今後の地下水の硝酸性窒素等による汚染対策のための技術的な支援を目的として策定したものです。

本マニュアルでは、第 I 編で硝酸性窒素対策のための技術を中心としたマニュアルを、第 II 編で硝酸性窒素対策に関連する種々の参考資料をそれぞれ記載しています。

今後、地域において硝酸性窒素等総合対策を推進する際に、各地域で対策を担当する関係者等にとって技術的な支援の一部として役立て頂ければ幸いです。

最後に、本マニュアルの改訂に当たっては、「地下水保全のための硝酸性窒素等地域総合対策検討会（座長：平田健正 放送大学和歌山学習センター所長）」の委員の方々からご指導・ご助言を頂きました。ここに改めてお礼申し上げます。

平成 28 年 3 月 環境省 水・大気環境局土壌環境課地下水・地盤環境室

## 第 I 編 硝酸性窒素等による地下水汚染対策マニュアル

## 1. 硝酸性窒素等による地下水汚染の特徴

自然状態の地下水から高濃度の硝酸性窒素等が検出されることはまれである。したがって、10mg/L を超える高濃度の硝酸性窒素等が地下水から検出された場合、一般的には人間の活動に起因するものと考えられる。その主な原因として、次の3つの要因が考えられる。

- ① 過剰施肥によるもの
- ② 家畜排せつ物の不適正処理によるもの
- ③ 生活排水の地下浸透によるもの

このように、土壌への窒素の供給源は、耕作地などの面源と、畜産排せつ物、生活排水などの点源に区分される。なお、これら供給源には広域的又は高密度な点源があり、供給が長期的に継続して行われていることが多い。また、硝酸塩は水に対する溶解度が大きく、地下水とともに移動し易いため、10mg/L を超える汚染の範囲（以下、「汚染範囲」という。）は比較的広い。

なお、このような人為的な窒素供給源の影響を受けない地下水においても、動植物の分解や微生物の固定により生成される窒素や、酸性雨などの降下物中の窒素などが供給源となっている硝酸性窒素等を含んでいる。

以上のように、硝酸性窒素等による地下水汚染の特徴としては、以下が挙げられる。

- ① 高濃度汚染は、そのほとんどは人間活動に起因する汚染である。
- ② 窒素の供給源には面源と点源がある。
- ③ 汚染範囲は比較的広い。
- ④ 自然状態の地下水にも硝酸性窒素等がある程度含まれている。

### 硝酸と硝酸性窒素の関係

水中の硝酸濃度、亜硝酸濃度、アンモニウムイオン濃度は、化合物全体の濃度（イオン濃度）を表すのに対して、硝酸性窒素濃度、亜硝酸性窒素濃度、アンモニア性窒素濃度は、それぞれの化合物の中の窒素の濃度を表す。

無機態窒素の区分	意味	窒素 (N) 濃度とイオン濃度の関係 ※化学式量比
硝酸性窒素 (NO <sub>3</sub> -Nと表記)	水中に含まれる硝酸イオン (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) 中の窒素の濃度	NO <sub>3</sub> -N = NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> / 硝酸(イオン) × 14 / 62
亜硝酸性窒素 (NO <sub>2</sub> -Nと表記)	水中に含まれる亜硝酸イオン (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) 中の窒素の濃度	NO <sub>2</sub> -N = NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> / 亜硝酸(イオン) × 14 / 46
アンモニア性窒素 (NH <sub>4</sub> -Nと表記)	水中に含まれるアンモニウムイオン (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) 中の窒素の濃度	NH <sub>4</sub> -N = NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> / アンモニウムイオン × 14 / 18

## 2. 地下水の実態把握の手法

地下水汚染の原因となる硝酸性窒素等の主な発生源としては、大きく生活系、農業系（施肥）、畜産系（家畜排せつ物）が挙げられている。この他、事例としては殆ど無いが、産業系も発生源の一つとして考えられる。地下水の実態把握を目的として実施する地下水汚染調査の一般的な流れは、図2-1に示すとおりであり、①資料等調査、②現況把握調査、③原因究明調査及び④効果把握調査の4段階に分けられる。

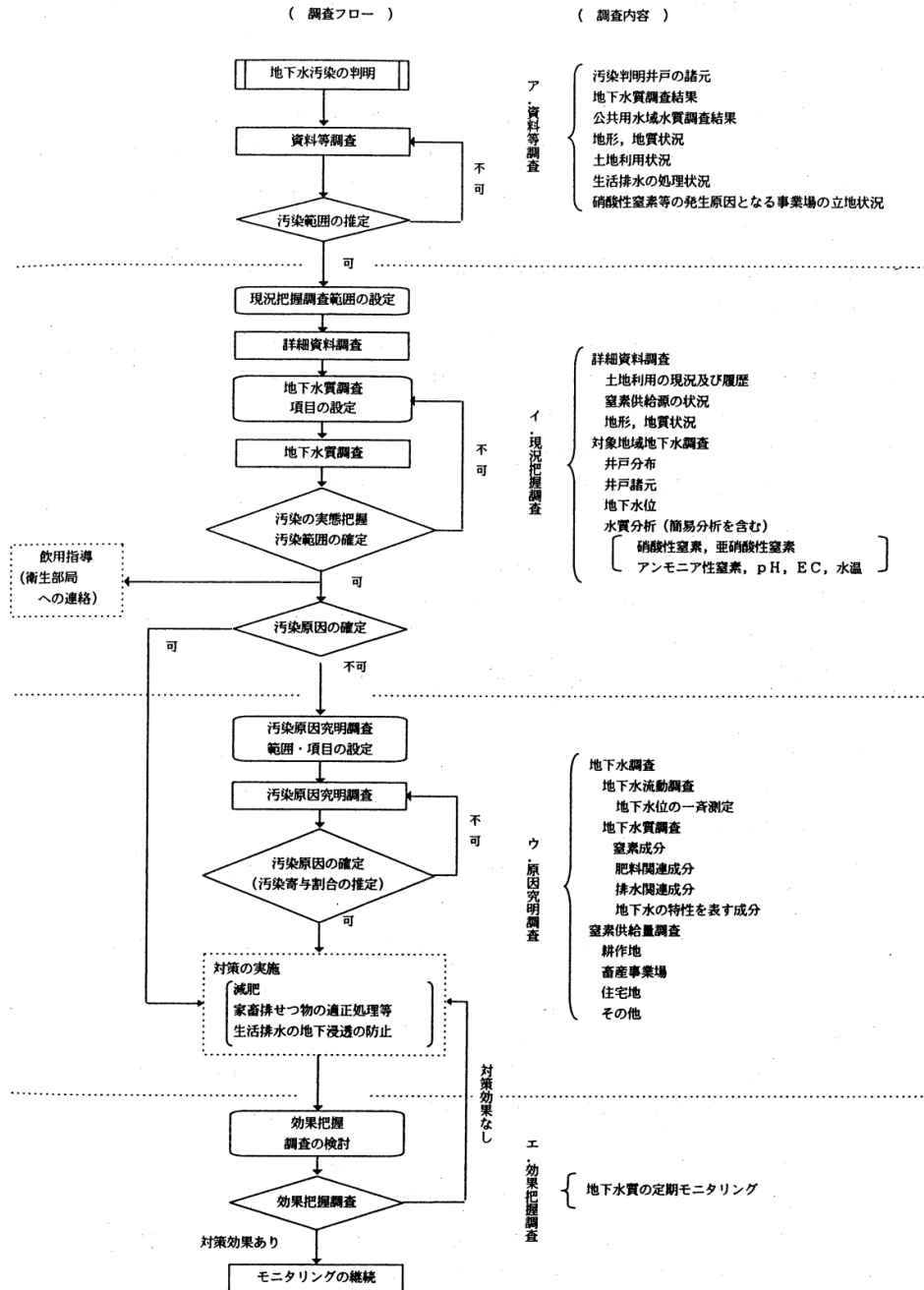


図2-1 地下水汚染調査の一般的な流れ

(出典：環境省水環境部地下水地盤環境室 監修，硝酸性窒素による地下水汚染対策の手引き，公害研究対策センター，平成17年)

## (1) 資料等調査

都道府県等が実施する水質汚濁防止法に基づく常時監視(地下水質の場合にあつては、「水質汚濁防止法の一部を改正する法律の施行について」(平成元年9月14日付け環水管第189号水質保全局長通知)で示された「地下水質調査方法」のうちの概況調査)、水道事業者が実施する水道原水調査、地方自治体等が実施する水質調査等の結果を収集・整理し、硝酸性窒素等に係る公共用水域及び地下水の汚染の状況を把握する。

汚染が発見された場合には、汚染が発見された場所の周辺地下水または公共用水域の調査、地下水質の常時監視に係る汚染井戸周辺地区調査などを実施することにより、汚染帯水層、汚染流域、硝酸性窒素等の濃度分布等を可能な限り把握する。

なお、簡易測定法を用いて硝酸性窒素等による汚染の状況の概要を把握した後、公定法により調査・分析を行うことにより、効率的に汚染の範囲、濃度分布を明らかにすることが合理的である。

## (2) 現況把握調査

汚染判明地域及びその周辺の地形や地下水流動、地下水涵養地域、公共用水域の集水域等を考慮した範囲を対象に、水文状況、水文地質状況、土地利用状況、汚濁負荷源の分布状況等の概況を把握するため、関係資料を収集・整理する他、必要に応じて聞き取り調査及び現地調査を行う。収集した資料については、地図上に記入するなど、適切に整理する。

なお、深井戸の汚染の場合には、汚染原因が汚染井戸から相当離れた地下水の上流の地域に存在することがあるので注意を要する。また、汚染の原因が過去の土地利用形態等に起因する場合もあるので、これらについても調査しておくことが望ましい。

窒素化合物は環境中で硝酸性窒素等に変化することに留意し、次のデータ等を入手することにより、窒素供給量を把握する。なお、施肥量、排水量、窒素含有量等は、対象地域における実測データを手に入れることが望ましいが、実測データが得られないものについては、文献等により原単位など窒素供給量の算出に必要なデータを手にする。

特に、地下水質の調査にあつては、地方自治体等が保有する井戸台帳や現地聞き取り調査等により周辺の井戸の分布状況を把握し、地下水の流動や帯水層等を踏まえ、効率的な調査が行われるように調査対象井戸を選定する。汚染判明井戸の取水帯水層が明らかな場合には、汚染判明井戸と同一の帯水層から取水している井戸を選定する。汚染判明井戸の取水帯水層が不明な場合には、汚染判明井戸周辺の取水帯水層が明らかな井戸において調査を行い、汚染されている帯水層を明らかにした後に調査対象井戸を選定する。なお、その他の帯水層についても、汚染の有無を確認するために適宜選定しておくことが望ましい。

硝酸性窒素等による汚染が明らかになった場合には、飲用による影響を防止するため、水道関係部局に通知するとともに、井戸所有者への飲用指導、水道事業者への連絡等を実施する。

現況把握調査を進めるうえで、ポイントとなる主な調査項目は以下の通りである。

### ① 工場・事業場排水

窒素含有水を排出する工場・事業場における排水処理状況、排水量、排水の窒素濃度等



② 家畜排せつ物

家畜の種類、家畜頭数、飼育形態、排せつ物発生量、排せつ物の処理方法別処理状況、排せつ物の窒素含有率等

③ 生活排水

下水道、農業集落排水処理施設、浄化槽等生活排水処理施設の利用人口及び排水の窒素濃度、単独処理浄化槽の場合の生活雑排水の窒素濃度、地下浸透処理実態等

④ 施肥

耕地面積、作物の種類、年間施肥量、肥料の窒素含有率、施肥基準、栽培作物の窒素吸収量、施肥方法、施肥時期、肥料の種類、施設栽培における排水量・排水水質等

⑤ 自然

人為的な影響を受けていないと考えられる地下水の窒素濃度（大気汚染（排ガス等）由来の降水物・酸性雨等、植物由来、動物由来、土壌微生物由来の窒素量）、降水量及び降水中の窒素濃度、降水浸透率等

（3）原因究明調査及び効果把握調査

水質調査及び資料等調査の結果を整理し、硝酸性窒素等濃度の分布、負荷発生源の立地・分布、負荷発生源ごとの窒素供給量、地下水の流動、地下水の涵養域、河川の流況等から、下記の事項について検討し、汚染原因を究明する。

- ① 硝酸性窒素等濃度の分布、負荷発生源の立地・分布状況等から、点的発生源のみによるものか、面的発生源が関与しているかを検討する。
- ② 面的発生源が関与していると考えられる場合は、公共用水域の集水域、地下水の流動及び涵養域から関係地域の範囲を設定し、この範囲内の点的発生源も含めた負荷発生源ごとの窒素供給量を整理・比較する。また、地図上に硝酸性窒素等濃度と負荷発生源の立地・分布状況を整理し、検討する。
- ③ 公共用水域の汚染の場合は、硝酸性窒素等の濃度分布に加えて、アンモニア性窒素の濃度分布に特に注意し、当該公共用水域への流入水の水質及び流量を踏まえ、汚染原因を検討する。
- ④ 地下水の汚染が深層である場合は、汚染が浅層である場合に比べて広い範囲の汚濁負荷源の影響を受けていることも考えられることから、広域的な地質構造や地下水の流動状況なども考慮し検討する。
- ⑤ 汚染の原因が過去の土地利用、井戸の構造等に起因していることもあるので、このことを踏まえて検討する。

また、硝酸性窒素等の挙動を把握するため、硝酸性窒素等濃度と併せて、排水関連成分、肥料関連成分等の項目についても分析しておくことが望ましい。

### 3. 地下水汚染の原因と対策効果の調査手法

#### 3.1. 原因究明と対策効果の把握に関する調査の概要

地下水汚染調査の「原因究明調査」、「効果把握調査」として一般的な手法を、それぞれの特徴、長所・短所、コスト等について定性的に評価し、表 3.1-1 に示す。

同表では、地下水汚染の実態を質的と量的に区分し、把握する手法を示している。

表 3.1-1 原因究明と対策効果把握のための手法の整理

項目	地下水調査手法			地下水の 窒素負荷発生状況調査	数値シミュレーション手法	
	キーダイアグラム	ヘキサダイアグラム	安定同位体比法	窒素原単位法 (マテリアルフロー)	移流分散拡散モデル	リスク評価モデル
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>主要陽イオンと陰イオンのデータをプロットしてグルーピングを行い、地下水の空間分布状況や汚染の広がり等を把握するのに有効である。</li> <li>地下水自体の起源の推定にも有効である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>硝酸性窒素による汚染の広がり等を把握するのに有効である。</li> <li>地下水の流動時間の推定にも有効である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地下水の硝酸性窒素の起源を推定し、汚染の原因（施肥、家畜ふん尿、他との区別）を推測することが出来る。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地域の発生源毎の発生負荷量、地下浸透量などの概要を把握できる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>目に見えない地下水の流動状況や水質分布などを可視化出来る。</li> <li>施肥等の負荷削減シナリオの検討が可能である。</li> <li>定量的な解析により、汚染の流動時間や対策効果が現れるまでの時間の推定も可能である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>生産量を変えずに、施肥等の負荷削減シナリオの検討が可能である。</li> </ul>
長所	<ul style="list-style-type: none"> <li>地下水の水質調査結果から、簡便に汚染の広がり等を把握できる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>データが得やすい。</li> <li>硝酸イオン以外に硫酸イオン等と組み合わせることにより、汚染原因をある程度推定できる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>原因をある程度特定できる。ヘキサダイアグラム等と組合せて解析することにより、より推定の精度が高まる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>発生負荷量から、対策の対象となる発生源を特定できる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>負荷削減ケースごとに水質を予測し、効果を定量的に評価できる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3Dの流動解析モデルに比べて、簡易に水質を予測し、効果を評価できる</li> </ul>
短所	<ul style="list-style-type: none"> <li>地下水の空間分布の特徴は把握できるが、汚染原因との関連性を判定する点でやや弱い。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>常時監視項目以外の項目について、測定が必要。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>測定できる分析施設が限定され、一般項目の分析コストに比べてやや割高である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>負荷量が地下水水質にリンクしていないので、対策の評価が出来ない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地下水位や河川流出量、地温等の連続実測データが多くないと現況再現が困難。透水係数等の土壌、地質に係るパラメータや、窒素の変換に関する種々の詳細なパラメータの設定が必要。特に温度依存項の設定が難しい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>まだ、パラメータ等に不確実性がある。</li> <li>定常モデルなので、長期の非定常な現象に向いていない。</li> </ul>
コスト	<ul style="list-style-type: none"> <li>通常の常時監視調査項目に項目を追加する必要があるが、分析費は安価。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>通常の常時監視調査項目に項目を追加する必要があるが、分析費は安価。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>最近では測定機器が安くなってきたので、分析単価も安くなってきたが、一般項目よりは高価。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>統計資料の解析が主な作業なので安価。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3次元流動拡散モデルの実行は一般的に高価。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>リスク評価モデルは相対的に安価。</li> </ul>

### 3.2. 地下水調査手法

汚染原因の特定を行い、適切な対策を講じるためには、硝酸性窒素等以外の水質項目や、土地利用などの外的要因との関連性についても検討する必要がある。対象となる水質項目としては、「水道事業体において通常測定している項目」と「必要に応じて適宜検討する項目（カルシウムイオン、硫酸イオン、窒素安定同位体比等）」がある。また外的要因としては、土地利用状況、地下水の流動系、集水域面積、降水量等がある。

以下では、詳細水質調査の具体的内容として「キーダイアグラムによる方法」、「ヘキサダイアグラムによる方法」、「窒素安定同位体比による方法」、「その他の手法（濃度相関マトリックスによる方法）」について概要と事例を示す。

#### (1) キーダイアグラムによる方法

キーダイアグラムは本来、主要陽イオン、主要陰イオンの組成比を示す2つの三角ダイアグラムと、それを合成して得られる1つの菱形ダイアグラムから構成される。

水質解析を行う場合には、簡略化して菱形ダイアグラムのみで十分な場合が多い(図3.2-1 参照)。

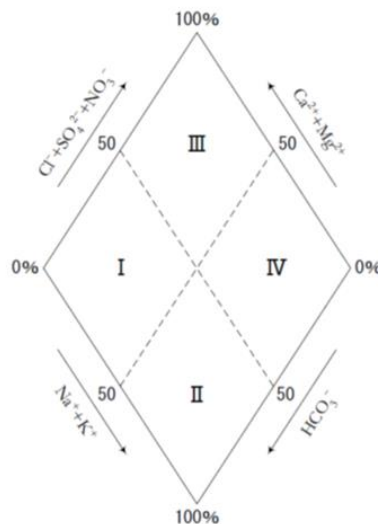


図3.2-1 キーダイアグラム

(出典：榎根：実例による新しい地下水調査法，山海堂，1991)

ダイアグラムを作成するには、表3.2-1に示す換算係数にて、濃度単位 (mg/L) から当量単位 (mEq/L (mmol<sub>c</sub>/L)) に換算して次式の計算を行い、[HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>] 軸と [Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup>] 軸の交点にプロットする。

$$[\text{HCO}_3^-]\% = (\text{HCO}_3^-) \div (\text{HCO}_3^- + \text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-} + \text{NO}_3^-) \times 100$$

$$[\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}]\% = (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) \div (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{K}^+) \times 100$$

表3. 2-1 mg/L から mEq/L (mmol<sub>c</sub>/L) への換算係数

項目	記号	係数
カルシウム	(Ca)	0.0499
マグネシウム	(Mg)	0.0822
ナトリウム	(Na)	0.0435
カリウム	(K)	0.0256
マンガン	(Mn)	0.0364
第1鉄イオン	(Fe <sup>2+</sup> )	0.0358
アンモニウムイオン	(NH <sup>4+</sup> )	0.0556
アルカリ度	(CaCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	0.0200
炭酸水素イオン	(HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	0.0164
炭酸イオン	(CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> )	0.0333
塩化物イオン	(Cl <sup>-</sup> )	0.0282
硫酸イオン	(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	0.0208
硝酸イオン	(NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	0.0161
ふっ化物イオン	(F <sup>-</sup> )	0.0556

(出典：樞根：実例による新しい地下水調査法，山海堂，1991)

この方法の利点としては、以下が挙げられている。

- プロットされた位置で水質組成が分かる。
- グループングが容易である。
- 異質の水の混合など、グループ間の差異、相互関係が分かる。
- 溶存成分量の多少に関係なく作図できる。
- 多数のサンプルを同時に扱える。

一方、欠点としては、以下がある。

- 比率のみで量的関係が分からない。
- 計算や作図がやや面倒である。
- 同一スペースに集中する場合の作図が困難である。

ただし、欠点とされている作図に関して、現在はコンピュータソフトを使えば問題はない。

図3. 2-1にプロットすることにより、地下水の特徴を把握することができる。

例えば、同一の地下水系（同一の水質起源）に属すると考えられる地下水は、その含有量の大小に関係なく、ほぼ同一の箇所に集中する。また、このグラフのⅠからⅣのどの位置にプロットされるのかによって、地下水の性状を以下のように分類することができる（樞根, 1991）。

#### （Ⅰ型）炭酸塩硬度（Carbonate Hardness）

Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> や Mg(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> により構成される地下水である。主として不圧地下水はこの部分に位置し、循環性の供給型地下水の特徴を有している。被圧地下水もこの地点にあるが、もっと広範囲に散り、徐々に（Ⅱ）に移行する傾向がある。

(Ⅱ型) 炭酸アルカリ度 (Carbonate Alkalinity)

$\text{NaCO}_3$  や  $\text{K}_2\text{CO}_3$  からなり、停滞性の水質であることを示す。停滞性の被圧地下水はこの位置に集まる傾向がある。

(Ⅲ型) 非炭酸塩硬度 (Non-Carbonate Hardness)

汚染されていない通常の地下水にはあまり見られないが、窒素肥料による影響を受ける場合、このタイプに位置することがある。

(Ⅳ型) 非炭酸アルカリ度 (Non-Carbonate Alkalinity)

塩化物や硫酸塩が主体であり、海水の混入や化石塩水の混入した地下水であると考えてよい。

■ キーダイアグラム手法

図3.2-2は、岐阜県各務原台地の地下水試料から作成したキーダイアグラムの例である。

陽イオンは  $[\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}]$  グループ、陰イオンは  $[\text{NO}_3^- + \text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}]$  グループがともに50%以上にプロットされるⅢ型に該当する試料が多いことが分かる。

このことから、Ⅰ型やⅡ型にプロットされるような一般的な地下水ではなく、窒素肥料の影響を受けた地下水であることや、このような地下水が台地に広く分布している状況を読みとることができる(寺尾, 1996)。

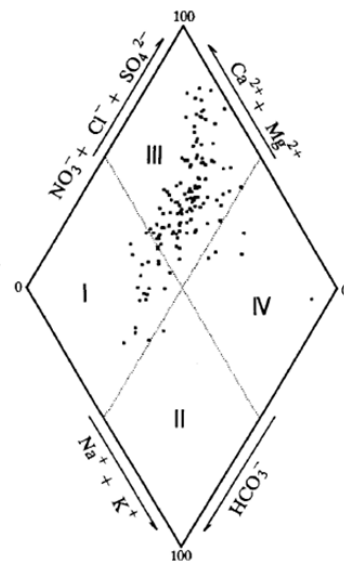


図3.2-2 キーダイアグラムの例

(出典：社団法人日本水道協会,平成11年度厚生省委託費による水道における硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素対策の手引き,平成12年3月)

■ トリリニアダイアグラム手法

キーダイアグラムの応用例として、 $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度別に分別して示すトリリニアダイアグラムを作図する手法がある。キーダイアグラムと同じ4つの特性を基本としている。

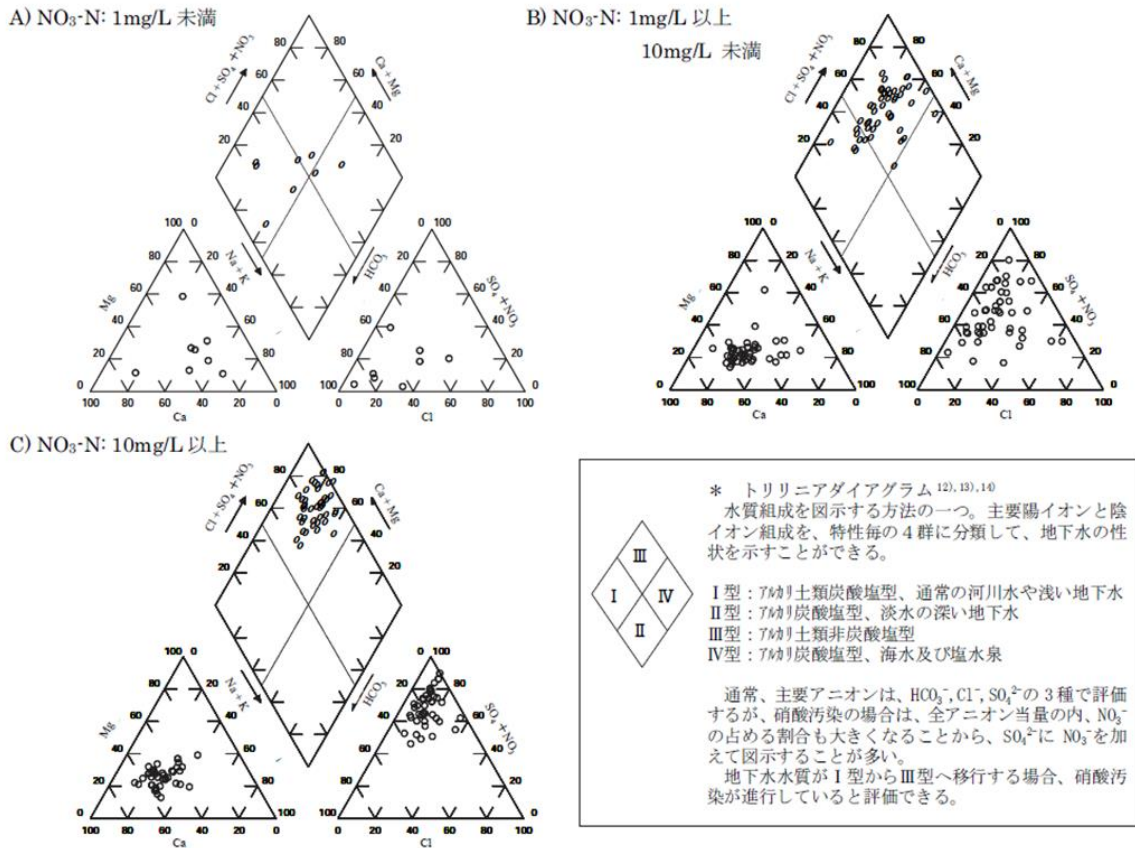


図 3. 2 - 1  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度別のトリリニアダイアグラムの例

(出典：三上英敏, 高田雅之, 三島啓雄, 地下水硝酸汚染に係わる汚染源簡易判定の手順, 北海道環境科学研究センター所報, 第 35 号, 2009)

## (2) ヘキサダイアグラムによる方法

ヘキサダイアグラムは、地下水中の主な溶存イオンの等量濃度を3本の水平軸上にプロットし、各点を結んで多角形で表示するものである。図3.2-4にヘキサダイアグラムの例を示す。0軸を挟んで右側が陽イオンの当量濃度、左側が陰イオンの当量濃度である。

なお、硝酸イオン ( $\text{NO}_3^-$ ) については、黒く塗りつぶすことにより、窒素汚染の指標として汚染の程度を強調することができる。黒い部分がない場合は、硝酸イオンが存在しない。

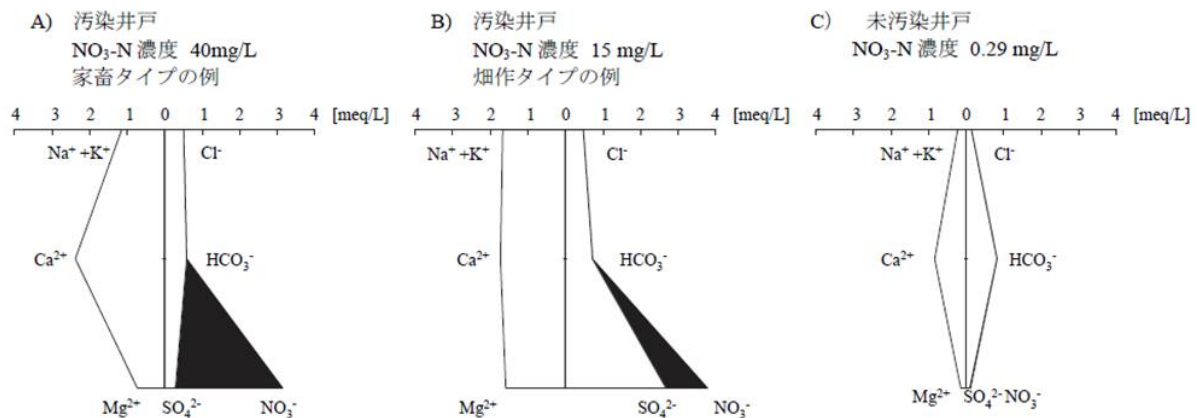


図3.2-4 特徴的な3パターンのヘキサダイアグラム

ヘキサダイアグラムを用いると主要イオンの組成が視覚的に理解できる。硝酸汚染が激しくなると、黒く塗りつぶされる部分が大きくなる。また、硫安等の硫酸塩化学肥料を施用している畑地の影響を受ける場合は、 $\text{SO}_4^{2-}$ 濃度が大きくなり、右下の白色部分が大きくなる。未汚染地下水はきれいな菱形が描かれることが多い。

(出典：図3.2-3と同じ)

この方法の利点として、以下が挙げられている。

- 作図が簡単で、図の形状から水質組成がわかる。
- 図の大小から溶存分量がわかる。
- $\text{NO}_3^-$ を黒く塗りつぶしているので硝酸性窒素汚染の状況を把握しやすい。
- 図形が単純であり比較分類が容易である。

一方、欠点としては、以下がある。

- 2成分系の混合などの微妙な差が分からない。
- 溶存分量の差が大きい場合に同一スケールで描けない。
- 温・鉱泉や塩水化地下水など、特定の成分が極端に多い場合の作図が困難である。

一般的に耕作地に化学肥料として硫安、中和剤として苦土石灰を施用した場合、自然状態のヘキサダイアグラムと比較して、硝酸イオン、硫酸イオン、カルシウムイオン及びマグネシウムイオンが増加する。



家畜排せつ物由来、化学肥料由来や浄化槽排水由来の窒素が多い場合、ヘキサダイアグラムの右下の濃度 ( $\text{NO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$ ) が高くなることが考えられる。その場合、汚染源の主な判別基準は、表 3. 2-2 に示すように、 $\text{SO}_4^{2-}$  の割合と  $\text{NO}_3^-$  ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) の割合から推定することができる。簡単に、化学肥料が多い場合は硫酸塩濃度が高くなり、家畜排せつ物堆肥や浄化槽排水の場合は硫酸塩濃度が低いことから判断する。

表 3. 2-2 主な窒素汚染源の水質的特徴（全イオン当量に対する割合）

	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Cl}^-$	$\text{HCO}_3^-$	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$
浄化槽排水	低	高		高	低
化学肥料（硫酸塩）	高	低		低	高
堆肥・家畜排泄物	低	高	高	高	高

（出典：三上英敏, 高田雅之, 三島啓雄, 地下水硝酸汚染に係わる汚染源簡易判定の手順, 北海道環境科学研究センター所報, 第 35 号, 2009）

三上ら（2009）の調査事例では、ヘキサダイアグラムと、以下に述べる安定同位体の測定結果を併せて解析することにより、より汚染源の判定が精度よくできるとしている。

### (3) 窒素安定同位体比による方法

窒素には、 $^{14}\text{N}$  と  $^{15}\text{N}$  の2つの安定同位体が存在し、大気中での存在比は99.635%と0.365%とほぼ一定である。窒素供給源によってこの2つの安定同位体の存在比がほぼ一定の範囲に収まる性質があることから、この性質を利用して、地下水で検出される窒素の供給源を推定する方法である。

窒素の安定同位体比  $\delta^{15}\text{N}$  値は、対象とする物質の  $^{15}\text{N}$  と  $^{14}\text{N}$  の比  $R (=^{15}\text{N}/^{14}\text{N})$  を求め、標準物質（大気中の窒素）の同位体比との差を千分率で表したものであり、次式により算出される。

$$\delta^{15}\text{N}(\text{‰}) = [(R_{\text{sample}}/R_{\text{air}}) - 1] \times 10^3$$

$$R : ^{15}\text{N}/^{14}\text{N} \quad R_{\text{air}} : 3.663 \times 10^{-3} (=0.365\% \div 99.635\%)$$

$\delta^{15}\text{N}$  は大気中の窒素成分との差として表現されるため、大気中の窒素ガスを固定して製造される無機化学肥料の  $\delta^{15}\text{N}$  値は、理論上ゼロとなる。

図3.2-5に  $\delta^{15}\text{N}$  値の報告例を示す。図から、降水で-8~2‰、化学肥料で-7.4~6.8‰、家畜排せつ物で10~22‰、下水処理水で8~15‰などの値が報告されており、これらの値を目安として窒素の供給源を推定する。

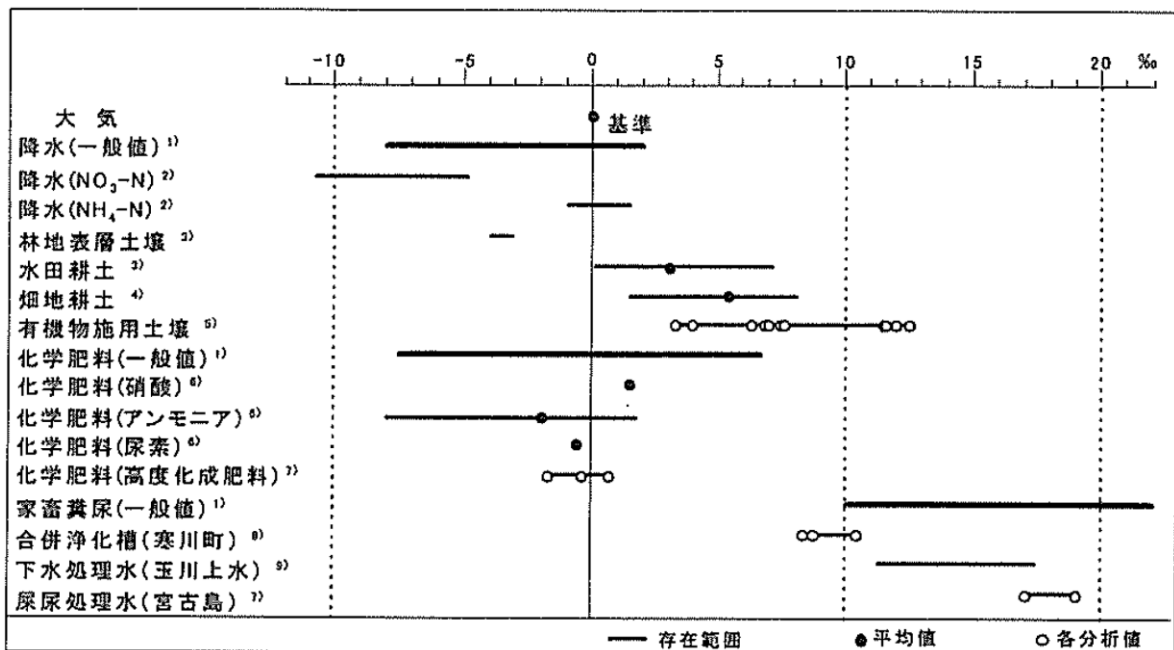


図3.2-2  $\delta^{15}\text{N}$  値の報告例

(出典：環境省水環境部地下水地盤環境室 監修, 硝酸性窒素による地下水汚染対策の手引き, 公害研究対策センター, 平成17年)

図3.2-6は、全国各地で観測された硝酸性窒素濃度と窒素安定同位体比  $\delta^{15}\text{N}$  の関係を示したものである。

地下水中の硝酸性窒素が無機化学肥料に由来する場合、硝酸性窒素濃度の上昇に伴い、 $\delta^{15}\text{N}$  値は徐々に減少する。無機化学肥料を使用している山形県試験地では、 $\delta^{15}\text{N}$  値の範囲が1.1~7.9‰と低く、硝酸性窒素濃度に対して横に長く伸びる分布を示す。

一方、浄化槽排水由来の窒素成分が多いと見られる香川県試験地では、 $\delta^{15}\text{N}$  値の範囲が 4.8~21.2‰ となっており、観測対象とした地下水の中では最も高い部類に属している。

このように、窒素安定同位体比は土地利用形態をある程度反映し、その指標となりうる。一般に、無機化学肥料施用地では低く、有機態窒素由来の地下水は高めの値を示すことが多い（平田, 1996）。

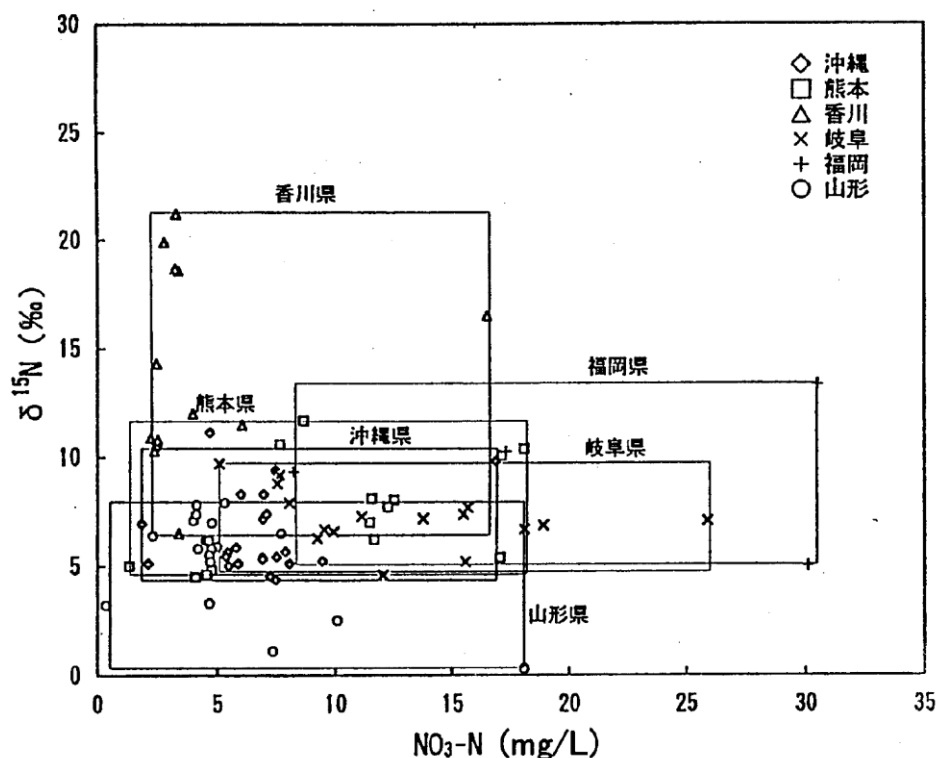


図 3. 2 - 6 硝酸性窒素濃度と窒素安定同位体比  $\delta^{15}\text{N}$  の関係

(出典：平田健正, わが国における硝酸性窒素による地下水汚染の現状と問題点, 水環境学会誌, Vol. 19, No. 12, pp. 950~955, 1996)

#### ■ 窒素安定同位体比解析事例（宮古島）

窒素の安定同位体比について宮古島で観測された事例を以下に示す。

近藤ら（1997）<sup>(1)</sup>は、宮古島の観測地点の周辺と上流の土地利用関係を3つに分け、 $\delta^{15}\text{N}$  値 (‰) と硝酸性窒素濃度の関係を調査した。図 3. 2-7 に  $\delta^{15}\text{N}$  値 (‰) と硝酸性窒素濃度の関係を示す。

地下水流動（上流側の土地利用の影響）、脱窒などの影響を受け、分布に重複はあるものの、主要な汚染源である農地（化学肥料）と市街地（生活排水）が判別できており、地域の条件を考慮すれば汚染源の同定が可能となる。なお、これらの評価には、ある程度の数の試料を分析する必要があり、地下水の流動系、土地利用状況等の基本的情報が必要である。

<sup>(1)</sup> 近藤洋正, 田瀬則雄, 平田健正. 沖縄県宮古島における地下水中の硝酸性窒素の窒素安定同位体比について, 地下水学会誌, 39, 1997

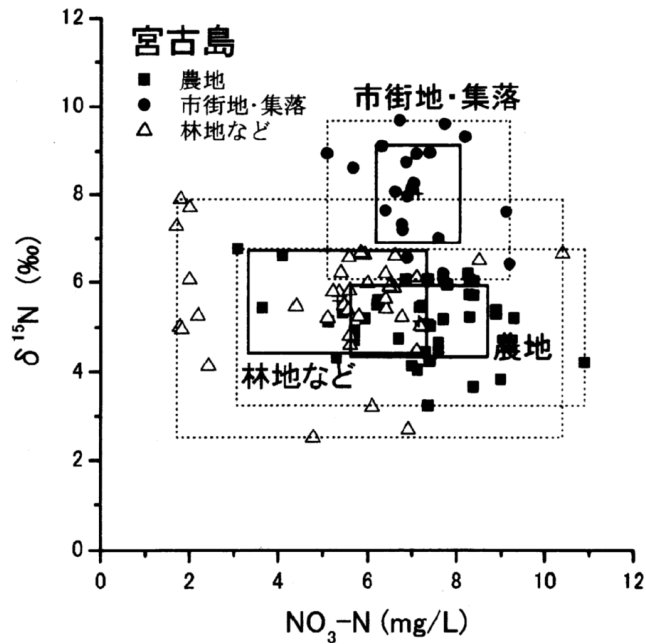


図3. 2-7 宮古島における硝酸性窒素と窒素安定同位体比の関係

土地利用別に(平均±標準偏差)の四角形(実線)、包絡四角形(点線)を示してある。

(出典：田瀬則雄, 水文学における環境同位体の利用, 化学工業, 67, 2003)

この他、窒素の安定同位体と合わせて硝酸に含まれる酸素の安定同位体  $\delta^{18}\text{O}$  値を用いると、より起源の推定がしやすくなる<sup>(2)</sup>。

図3. 2-8に様々な窒素化合物がとりうる  $\delta^{15}\text{N}$  値および  $\delta^{18}\text{O}$  値の範囲を示す。

- 大気窒素を起源とするマメ科植物や肥料中の  $\delta^{15}\text{N}$  値は0付近の値をとる。
- 土壌中の窒素化合物の  $\delta^{15}\text{N}$  値は、インプットとなる化学肥料や家畜ふん尿、降雨などを反映し様々な値をとる。一般に、土壌窒素の  $\delta^{15}\text{N}$  値は軽い窒素原子の方が先に溶脱し、植物吸収、脱窒などにより失われるため、0より高くなる傾向にある。
- 家畜ふん尿や下水中に含まれる窒素化合物の  $\delta^{15}\text{N}$  値は、動物体内における代謝や排泄後のアンモニア揮散による同位体分別などにより高い値をとる。
- 硝化細菌によって生成された  $\text{NO}_3$  の3つの酸素原子のうち、2原子は水由来で、残りの1原子は酸素由来となる。よって、植物体や家畜ふん尿、下水、土壌等の有機態窒素やアンモニア性窒素を起源とする硝酸性窒素は、硝化が起こった場所の水および酸素の  $\delta^{18}\text{O}$  値を反映し、通常は-5から15程度の値をとる。
- 化学肥料に含まれる硝酸中の酸素原子は大気中の酸素を起源とするので、大気中の酸素の同位体比 ( $\delta^{18}\text{O}$  値 = +23.50‰) に近い値をとる。

<sup>(2)</sup> (独)農業環境技術研究所, 水環境保全のための農業環境モニタリングマニュアル改訂版. 平成18年

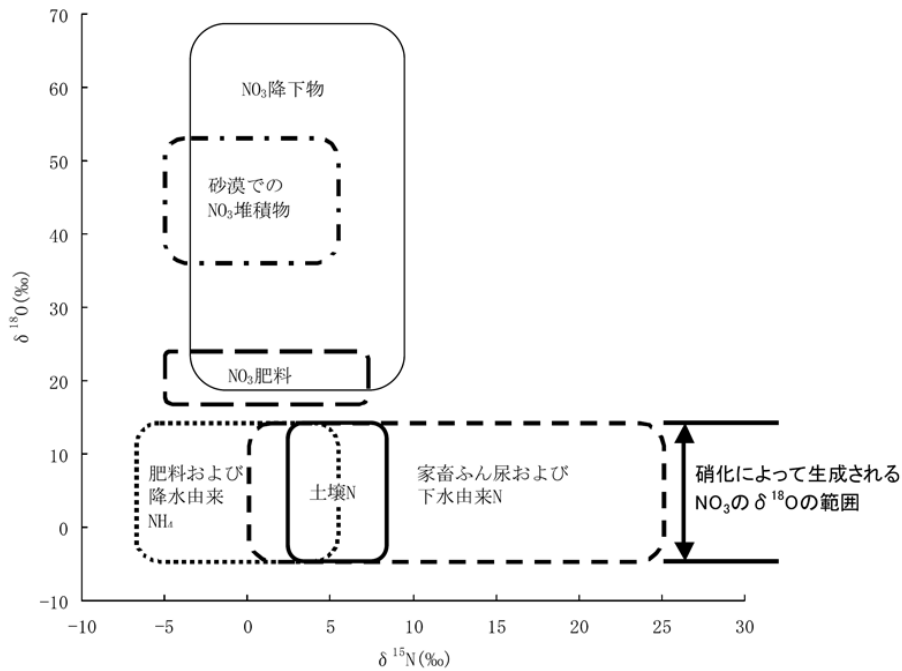


図 3. 2-8 様々な窒素化合物がとりうる  $\delta^{15}\text{N}$  値および  $\delta^{18}\text{O}$  値の範囲

アンモニア性窒素および有機態窒素の  $\delta^{18}\text{O}$  値は硝化によって生成されたときの  $\text{NO}_3$  の  $\delta^{18}\text{O}$  値を示す。

(出典：(独)農業環境技術研究所, 水環境保全のための農業環境モニタリングマニュアル 改訂版, 平成 18 年)

#### ■ 窒素と酸素の安定同位体比解析事例（熊本県）

富家ら（2011）は、1960 年から 5 年ごとに実施されている農林業センサス調査の結果から農業から発生する窒素負荷量を推計した。当該センサス調査では、面積の比較的小さな旧市町村単位で農作物別の耕地面積や家畜別の頭数などの情報が得られている。これらのデータをもとに、基準施肥量や家畜からの窒素排出量、降水量、窒素溶脱率等を設定し、地下浸透水における  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度を推計した。

地下浸透水中の  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度の推定に当たり、窒素負荷源での土地利用が主に農地であるとして地下への浸透率を一律と仮定し、降雨の約 1/3（34%）が地下に浸透するものとしている。また、窒素溶脱率については、文献等から、水田で 0.05（5%）、畑および畜産排出物で 0.35（35%）と仮定している。

図 3. 2-9 に、農業由来の地下浸透水中の硝酸性窒素濃度の推移を示す。

また、図 3. 2-10 に、地下水の硝酸性窒素の安定同位体  $\delta^{15}\text{N}$  値の測定結果を示す。

富家ら（2011）は、これら施肥や家畜からの窒素排出量を推定した結果、近年における家畜排せつ物による窒素負荷の増加傾向が明らかで、そのトレンドは地下水涵養域や上流域の地下水  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度の上昇傾向に合致するとしている。

また、これらの GIS を活用した農林業センサスデータ解析と安定同位体分析の結果から、熊本都市域地下水における  $\text{NO}_3\text{-N}$  の主な負荷要因は家畜排せつ物や堆肥等の有機態窒素であると結論している。

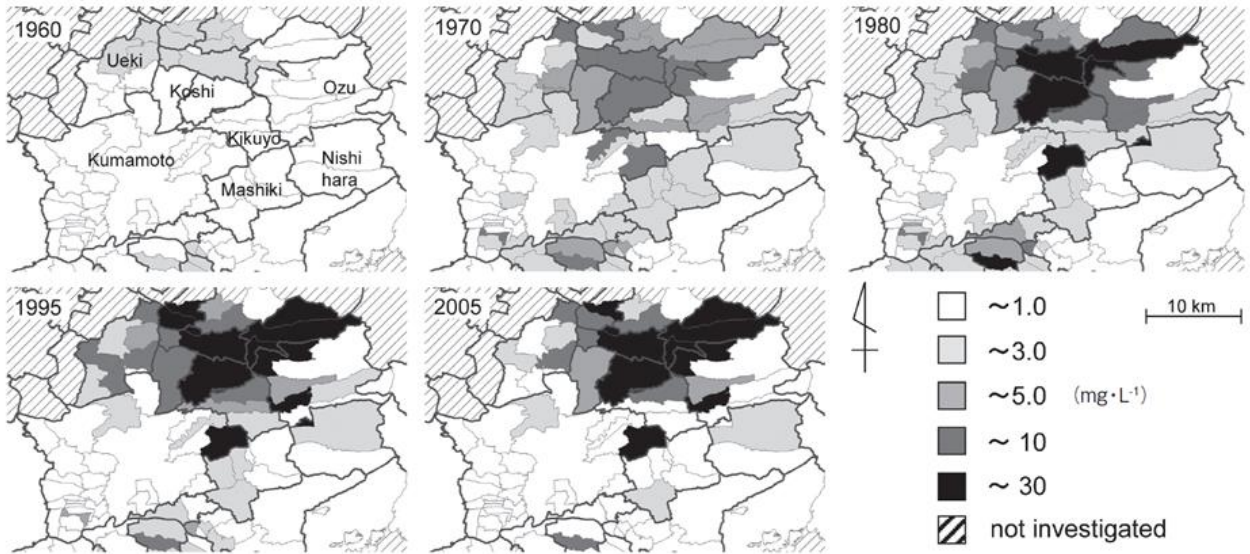


図 3. 2 - 9 農業由来の地下浸透水中の硝酸性窒素濃度の推移

(出典: 富家ら, 熊本都市域における地下水中硝酸性窒素濃度の現状と地理情報システムおよび窒素安定同位体分析による窒素負荷要因の解明, 水環境学会誌, Vol. 34, 2011)

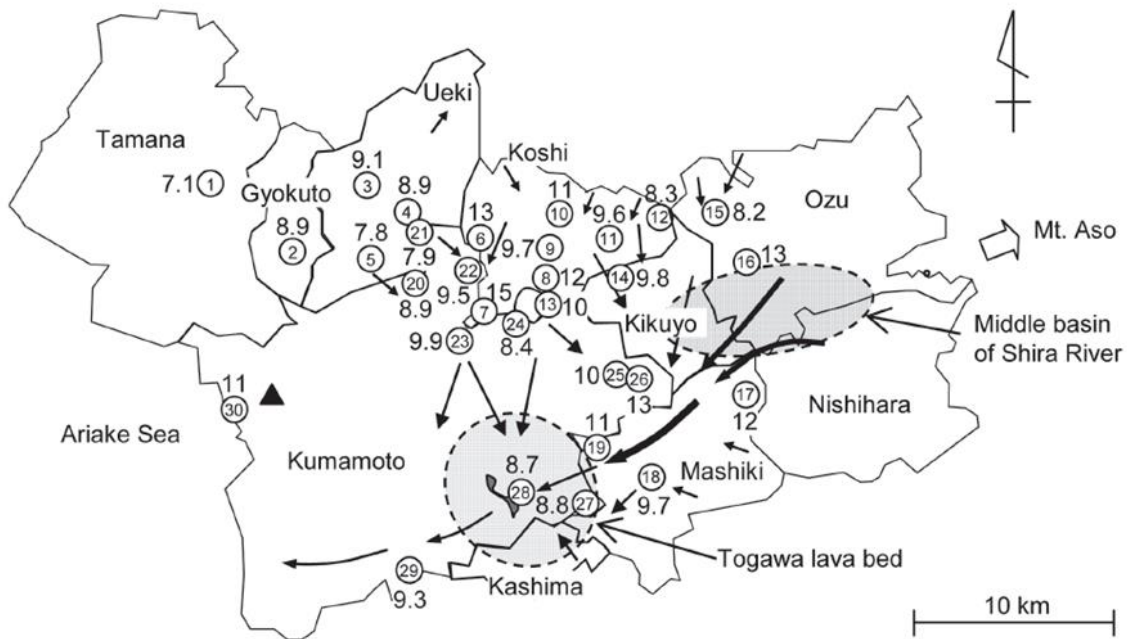


図 3. 2 - 1 0 地下水の硝酸性窒素の安定同位体比

(注: ○番号は試料採取地点番号である。)

(出典: 図 3. 2 - 1 0 と同じ)

■ 窒素と酸素の安定同位体比解析事例（茨城県）

以下に  $\delta^{15}\text{N}$  値および  $\delta^{18}\text{O}$  値を用いた負荷源解析事例を示す。

図 3. 2-1 1 に茨城県の台地畑における地下水位と地下水中の亜酸化窒素の安定同位体比の関係を示す。

① 茨城県内の台地畑（厚層黒ボク土、畑地では主に化学肥料を施用し、また近傍の養豚農家では 1999 年頃まで素堀りにより家畜ふん尿を廃棄していた）を流下する浅層地下水中の  $\text{N}_2\text{O}$  の  $\delta^{15}\text{N}$  値は高水位期において  $-20\%$  程度であり、全窒素（TN）の  $\delta^{15}\text{N}$  値よりもかなり低い。これは高水位期の  $\text{N}_2\text{O}$  は主に硝酸化成の過程で生成していることを示すとされている（図 3. 2-1 1 参照）。

②  $\text{N}_2\text{O}$  の  $\delta^{15}\text{N}$  値と  $\delta^{18}\text{O}$  値の変動（図 3. 2-1 1 参照）の要因としては、2 種類の  $\text{N}_2\text{O}$  の混合、あるいは脱窒等による  $\text{N}_2\text{O}$  の  $\text{N}_2$  への還元が考えられるとされている。

この観測井戸における  $\delta^{15}\text{N}$  値と  $\delta^{18}\text{O}$  値の変化量はおよそ 1:1 であり、一般の脱窒過程における変化量（ $\delta^{15}\text{N} : \delta^{18}\text{O} \approx 1 : 2$ ）と異なる（図 3. 2-1 2 参照）。

したがって、この観測井戸における  $\text{N}_2\text{O}$  の  $\delta^{15}\text{N}$  値と  $\delta^{18}\text{O}$  値の変化が脱窒によるものではなく、地下浸透した肥料成分由来の「軽い（安定同位体比の低い）」 $\text{N}_2\text{O}$  と水平移動した家畜ふん尿由来の「重い（安定同位体比の高い）」 $\text{N}_2\text{O}$  との混合比が変わったことによるものであると推測されるとしている。

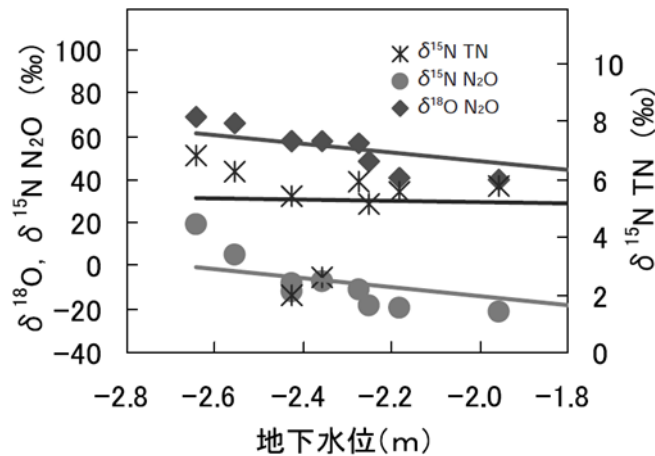


図 3. 2-1 1 茨城県の台地畑における地下水位と安定同位体比の関係

（出典：（独）農業環境技術研究所，水環境保全のための農業環境モニタリングマニュアル改訂版，平成 18 年）

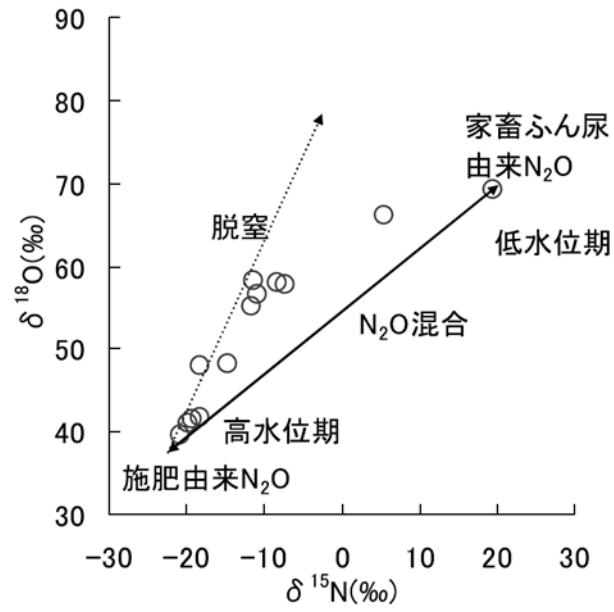


図 3. 2 - 1 2 観測井における  $\delta^{15}\text{N}$  値と  $\delta^{18}\text{O}$  値の変化量  
(出典：図 3. 2 - 1 1 と同じ)



#### (4) その他の手法（濃度相関マトリックスによる方法）

濃度相関マトリックスによる方法は、地下水質の各項目間の相関係数をマトリックス形式で表し、相関係数の大小によって汚染原因を検討する方法である。例えば、硝酸性窒素とカルシウムイオン ( $\text{Ca}^{2+}$ ) やマグネシウムイオン ( $\text{Mg}^{2+}$ ) の相関が高い場合、あるいは窒素肥料の主成分である硫酸イオン ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) がカルシウムイオンやマグネシウムイオンと相関が高い場合等には、窒素肥料による汚染の原因が考えられる。このように、検討の対象とする分析項目には、各種のイオン等常時監視調査で通常測定していない項目も含まれるので、必要に応じて適宜こうした項目も追加して測定することが望ましい。

##### ■ 濃度相関マトリックスの事例

表 3. 2-3 は、窒素肥料（硫安）の溶脱により地下水汚染が発生した地域の地下水の濃度相関マトリックスの例である。

硝酸性窒素 ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) と高い相関性を示した項目は、電気伝導率 (EC) ,  $\text{Ca}^{2+}$  ,  $\text{Mg}^{2+}$  であり、相関係数はそれぞれ 0. 83、0. 76、0. 76 であった。また、窒素肥料の主成分である硫酸イオン ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) も、電気伝導率,  $\text{Ca}^{2+}$  ,  $\text{Mg}^{2+}$ との間に、それぞれ 0. 86、0. 88、0. 83 と高い相関性があった。

この事例地域では、窒素肥料とともに土壤の酸性化を防ぐ目的で苦土石灰（カルシウムとマグネシウムを主成分とする肥料）が多量に散布されていることから、肥料に由来する硝酸性窒素と硫酸イオンが、カルシウムイオンやマグネシウムイオンと高い相関関係を持つことから、地下水の硝酸性窒素の起源は、窒素肥料であると推定できる。

なお、アルカリ度 ( $\text{CaCO}_3$ ) とカルシウムイオンやマグネシウムイオンとの相関性が低いことから、対象地域の地下水に含まれる  $\text{Ca}^{2+}$  と  $\text{Mg}^{2+}$  が土壤や岩石からの溶出ではないことが推測され、肥料と一緒に散布された苦土石灰に由来することが裏付けられる。

表 3. 2-3 濃度相関マトリックスの例

	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Cl}^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	アルカリ度 ( $\text{HCO}_3^-$ )	$\text{SiO}_2$	EC
$\text{NO}_3\text{-N}$	0. 40	0. 37	0. 76	0. 76	0. 62	0. 58	-0. 30	0. 12	0. 83
$\text{Na}^+$		0. 35	0. 50	0. 42	0. 78	0. 46	0. 24	0. 16	0. 65
$\text{K}^+$			0. 22	0. 22	0. 48	0. 16	-0. 15	0. 13	0. 34
$\text{Ca}^{2+}$				0. 87	0. 58	0. 88	0. 23	0. 16	0. 97
$\text{Mg}^{2+}$					0. 56	0. 83	0. 10	0. 16	0. 90
$\text{Cl}^-$						0. 46	-0. 05	0. 08	0. 72
$\text{SO}_4^{2-}$							0. 08	-0. 08	0. 86
$\text{HCO}_3^-$								0. 42	0. 14
$\text{SiO}_2$									0. 16

備考) サンプル数 n = 141

(出典：環境庁水質保全局監修・平田健正編著, 土壤・地下水汚染と対策, (社)日本環境測定分析協会, 1996)

### 3.3. 地下水の窒素負荷発生状況調査（窒素原単位法）

窒素原単位法は、地下水への窒素負荷の発生状況を、原単位法により推定する方法であり、「硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素に係わる地下水汚染調査マニュアル（環境省，1999）」によると以下に示すとおりである。

なお、面源から河川、湖沼等の公共用水等に流出する場合の土地利用別原単位の例を表3.3-1に示す。

#### （1）施肥

施肥による土壌への窒素負荷量は次式から算出する。

$$N_{fy} = \sum (U_{fi} \times A_{fi}) \dots\dots\dots (1)$$

$N_{fy}$ ：施肥による年間窒素負荷量（kg/年）

$U_{fi}$ ：土地利用  $i$  の施肥窒素量（kg/ha/年）

$A_{fi}$ ：土地利用  $i$  の耕地面積（ha）

#### （2）家畜排せつ物

畜産事業所から土壌への窒素負荷量は次式から計算する。

$$N_{ay} = \sum (U_{aj} \times H_{aj} \times \gamma_{aj}) \dots\dots\dots (2)$$

$N_{ay}$ ：家畜排せつ物の処理に伴う土壌への年間窒素負荷量（kg/年）

$U_{aj}$ ：事業所  $j$  における家畜排せつ物の発生負荷量（kg/年）

$H_{aj}$ ：事業所  $j$  における家畜排せつ物中の窒素含有率

$\gamma_{aj}$ ：事業所  $j$  における家畜排せつ物の排出率

[解説]

- 家畜排せつ物量と窒素含有率を実測値に基づいて窒素負荷量を求めるのが望ましいが、困難な場合には  $(U_{aj} \times H_{aj})$  を（家畜排せつ物の窒素原単位×飼養頭数）で置き換える（表3.3-2 参照）。
- 平成11年11月に、家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律（家畜排せつ物法）が施行され、その後は家畜排せつ物法対象施設については整備が進み、いわゆる野積み・素掘り等の不適正処理はほぼ解消している。それゆえ、現地調査により、畜産事業所ごとに家畜排せつ物の排出率を求める必要がある。なお、家畜排せつ物法施行以前の素掘り等の処理が行われた跡地から現在も負荷がある可能性が指摘されており、注意が必要である。
- 湖沼水質保全計画で用いられている畜産排水の排出率を、表3.3-3～5に示す。
- 家畜排せつ物を堆肥化する等して、農地で有効利用している場合は(1)式に従う。

#### （3）生活排水

生活排水（し尿・雑排水）の地下浸透による土壌への窒素負荷量は次式から計算する。

$$N_{sy} = U_{sy} \times P_u + M_{sy} \times P_m \dots\dots\dots (3)$$

$N_{sy}$ ：生活排水による年間窒素負荷量（kg/年）

U<sub>sy</sub> : 単独処理浄化槽排水の原単位 (kg/人/年)  
 P<sub>u</sub> : 単独処理浄化槽排水の地下浸透処理人口 (人)  
 M<sub>sy</sub> : 雑排水の原単位 (kg/人/年)  
 P<sub>m</sub> : 雑排水の地下浸透処理人口 (人)

[解説]

- 単独処理浄化槽排水及び雑排水の原単位は、調査地の実情に応じた数値を使うことが望ましいが、ない場合は表 3.3-6 に示す値を用いる。

#### (4) 商工業排水

商工業排水の地下浸透による土壌への窒素負荷量は次式から計算する。

$$N_{cy} = \sum (U_{ck} \times N_{ck}) \dots\dots\dots (4)$$

N<sub>cy</sub> : 商工業排水による年間窒素負荷量 (kg/年)

U<sub>ck</sub> : 事業所 k における排水の地下浸透量 (m<sup>3</sup>/年)

N<sub>ck</sub> : 事業所 k における排水中の窒素濃度 (kg/m<sup>3</sup>)

[解説]

- 事業省別の排水量および排水中窒素濃度の実測値に基づいて窒素負担量を求めるのが望ましい。

#### (5) 硝酸性窒素の地下水への流入

硝酸性窒素の地下水への流入には、人間活動に起因するもの (N<sub>art</sub>) と自然的原因によるもの (N<sub>nat</sub>) があり、それぞれ(5)式と(6)式から年間窒素流入量を計算する。

$$N_{art} = N_{fy} \times \alpha + N_{ay} \times \beta + N_{sy} \times \gamma + N_{cy} \times \delta \dots\dots\dots (5)$$

N<sub>art</sub> : 人間活動に起因する年間窒素流入量 (kg/年)

α, β, γ, δ : 窒素負荷源の種類別の溶脱率

$$N_{nat} = N_c \times P \times A \times \delta_p \div 100 \dots\dots\dots (6)$$

N<sub>nat</sub> : 自然的原因による年間窒素流入量 (kg/年)

N : 自然地下水中の硝酸性窒素濃度 (mg/L)

P : 降水量 (mm/年)

A : 調査範囲の面積 (ha)

δ<sub>p</sub> : 降水浸透率

[解説]

- 溶脱率は、土壌に負荷された窒素が硝酸イオンや亜硝酸イオンの形態で地下水へ流入する割合であり、作物の種類、土壌の種類、施肥法等の条件によって異なる。
- 溶脱率の設定に当たっては、調査地域の実情に応じた適当な値を選定する(表 3.3-7, 8 参照)。
- 降水量と地下浸透量の関係は次式で表される。  

$$P (\text{降水量}) = E (\text{蒸発散量}) + R_s (\text{表面流出量}) + R_g (\text{地下浸透量})$$

- 降水浸透率 ( $\delta p = Rg/P$ ) の全国平均値は 0.22 であるが、降水浸透率は対象地域の不透水性面積によって異なる。武蔵野台地では、降水量を 1,500 mm/年、不透水性面積の割合を 40%とした場合には、地下浸透量は 420 mm/年（降水浸透率：0.28）となる。また、不透水性面積の割合を 80%とした場合には、地下浸透量は 140 mm/年（降水浸透率：0.093）となる。

表 3.3-1 窒素の負荷原単位の例

排出源	調査地域	T-N (kg/ha/年)	T-P (kg/ha/年)	備考
大気降下物 および降水	京都府・上賀茂	6.11	0.73	自然地域
	滋賀県・大石川	6.71	0.44	自然地域
	滋賀県・草津	15.7	0.52	自然地域
	茨城県・阿見町	12.8	0.09	自然地域
	山形市	15.1	3.09	都市地域、降水量(1163 mm/年)
	北九州市	30.8	1.98	都市地域、降水量(1690 mm/年)
	神戸市	5.1	0.26	都市地域、降水量(1385 mm/年)
	千葉市	27.7	0.50	都市地域、降水量(1460 mm/年)
	秋田県・大潟村	7.6	0.65	農業地域
	石川県・金沢市	7.6	0.45	農業地域
	埼玉県・加須市	9.0	1.22	農業地域
都市地域の 排出負荷	北九州市	33.5	6.5	人口密度(138 人/ha)
	神戸市	34.2	5.8	人口密度(162 人/ha)
	山形市	17.6	3.0	人口密度(79.6 人/ha)
	千葉市	19.1	0.9	人口密度(130 人/ha)
水田	全国 <sup>1)</sup>	32.2	1.38	乾田、総流出量
	全国 <sup>1)</sup>	19.7	0.45	普通田、総流出量
	全国 <sup>1)</sup>	35.9	1.09	湿田、総流出量
	全国 <sup>1)</sup>	10.4	0.47	循環灌漑田、総流出量
	全国 <sup>1)</sup>	40.0	4.90	傾斜地水田、総排出量
自然地域の 排出負荷	滋賀県・若女 <sup>2)</sup>	1.83	0.13	面積(0.029 km <sup>2</sup> )、 降水量(1567 mm/年)
	滋賀県・朽木 <sup>2)</sup>	2.66	0.55	面積(0.80 km <sup>2</sup> ) 降水量(2302 mm/年)
	滋賀県・竜王 <sup>2)</sup>	4.20	0.23	面積(0.067 km <sup>2</sup> ) 降水量(2204 mm/年)
	滋賀県・三田川 <sup>2)</sup>	3.42	0.095	面積(0.32 km <sup>2</sup> ) 降水量(1527 mm/年)
	滋賀県・和辻川 <sup>2)</sup>	4.45	0.113	面積(0.28 km <sup>2</sup> ) 降水量(2074 mm/年)
	茨城県・筑波山	12.7	0.060	
	不明 <sup>2)</sup>	6.94	0.183	土木学会
	不明 <sup>2)</sup>	2.57	0.135	土木学会
	滋賀県 <sup>2)</sup>	4.05	0.135	
	茨城県 <sup>2)</sup>	3.65	0.219	
	茨城県・霞ヶ浦 <sup>2)</sup>	2.44	0.215	
	茨城県・霞ヶ浦 <sup>2)</sup>	3.58	0.117	
	長野県・諏訪湖	3.58	0.12	

1) 國松(1989)水田の汚濁負荷流出量、河川汚濁のモデル解析、技報堂出版、p59

2) 平田・村岡(1989)山林からの流出負荷量、河川汚濁のモデル解析、技報堂出版、p49

(出典：(独) 農業環境技術研究所 (2006：汚濁負荷の推定法と地下水の水質解析法，水質保全のための農業環境マニュアル (改訂版)，<http://www.niaes.affrc.go.jp/techdoc/monitoring/>)

表 3. 3 - 2 家畜ふん尿の窒素原単位

畜種		原単位(kg/頭(羽)/年)*		
		ふん	尿	合計
乳牛	搾乳牛	55.8	55.7	111.5
	乾・未経	13.1	21.1	35.2
	育成牛	31.1	26.8	57.9
肉牛	2歳未満	24.8	22.6	47.4
	2歳以上	22.9	30.4	53.3
	乳用種	23.6	27.9	51.5
豚	肉豚	3.0	9.5	12.5
	繁殖豚	4.0	14.6	18.6
採卵鶏	雛	0.6	-	0.6
	成鶏	1.2	-	1.2
ブロイラー	-	1.0	-	1.0

\*文献4より計算した値

文献4とは、築城幹典・原田靖生（1997）：我が国における畜産排泄物発生の実態と今後の課題、「環境保全と新しい畜産」、農林水産情報協会、15-29である。  
 (出典：表3. 3-1と同じ)

表 3. 3 - 3 牛の汚濁負荷原単位と排出率（湖沼水質保全計画で使用している値）

湖沼水質保全計画	策定期	COD			T-N			T-P			備考
		発生負荷量 g/頭/日	排出負荷量 g/頭/日	排出率 %	発生負荷量 g/頭/日	排出負荷量 g/頭/日	排出率 %	発生負荷量 g/頭/日	排出負荷量 g/頭/日	排出率 %	
茨城県 霞ヶ浦	第6期	530	31.7	6.0	247.4	30.3	12.3	34.7	0.17	0.5	乳用牛
		313	18.8	6.0	138.0	16.2	11.8	14.8	0.07	0.5	肉用牛
千葉県 印旛沼	第6期	530	5.3	1.0	290	5.4	1.9	50	1.45	2.9	
千葉県 手賀沼	第6期	530	5.3	1.0	290	5.4	1.9	50	1.45	2.9	
滋賀県 琵琶湖	第6期	-	0.0	0.0	-	0.0	0.0	-	0.00	0.0	全量農地還元
岡山県 児島湖	第6期	530	26.5	5.0	290	14.5	5.0	50	2.50	5.0	
長野県 諏訪湖	第6期	-	-	-	-	-	-	-	-	-	存在しない
長野県 野尻湖	第4期	-	-	-	-	-	-	-	-	-	存在しない
宮城県 釜房ダム	第6期	-	1.2	-	-	2.3	-	-	0.08	-	肉用牛
		-	1.2	-	-	2.3	-	-	0.08	-	乳用牛
島根県 中海	第5期	530	2.6	0.5	290	0.91	0.3	50	0.12	0.2	島根県
		530	2.46	0.5	290	0.51	0.2	50	0.11	0.2	鳥取県
島根県 宍道湖	第5期	530	3.7	0.7	290	4.10	1.4	50	0.24	0.5	
秋田県 八郎湖	第2期	530	31.8	6.0	290	24.8	8.6	50	0.25	0.5	
単純平均値		515	11.3	2.5	276	11.2	3.9	46	0.88	1.6	

注1) 単純平均値：範囲を有する計画は中間値を集計

注2) 排出率：排出負荷量/発生負荷量×100

(出典：国土交通省水管理・国土保全局下水道部，流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説，平成27年1月)

表 3.3-4 豚の汚濁負荷原単位と排出率（湖沼水質保全計画で使用している値）

湖沼水質保全計画	策定期	COD			T-N			T-P			備考
		発生負荷量 g/頭/日	排出負荷量 g/頭/日	排出率 %	発生負荷量 g/頭/日	排出負荷量 g/頭/日	排出率 %	発生負荷量 g/頭/日	排出負荷量 g/頭/日	排出率 %	
茨城県 霞ヶ浦	第6期	130.0	7.9	6.1	35.7	4.1	11.4	9.3	0.05	0.5	
千葉県 印旛沼	第6期	130.0	4.8	3.7	40.0	2.8	7.0	25	2.68	10.7	
千葉県 手賀沼	第6期	130.0	4.8	3.7	40.0	2.8	7.0	25	2.68	10.7	
滋賀県 琵琶湖	第6期	130.0	7.8	6.0	40.0	2.4	6.0	25	2.50	10.0	2010年からは 表續の値上げ
岡山県 児島湖	第6期	130.0	6.5	5.0	40.0	2.0	5.0	25	1.25	5.0	
長野県 諏訪湖	第6期	-	-	-	-	-	-	-	-	-	存在しない
長野県 野尻湖	第4期	-	-	-	-	-	-	-	-	-	存在しない
宮城県 釜房ダム	第6期	-	0.2	-	-	0.5	-	-	0.04	-	
鳥取県・島根県 中海	第5期	130.0	0.6	0.5	40.0	0.1	0.3	25	0.06	0.23	島根県
		130.0	3.1	2.4	40.0	4.4	11.0	25	0.60	2.4	鳥取県
島根県 宍道湖	第5期	130.0	0.9	0.7	40.0	0.6	1.5	25	0.12	0.5	
秋田県 八郎湖	第2期	130.0	7.8	6.0	40.0	3.4	8.5	25	0.13	0.5	
単純平均値		130.0	4.7	4.1	39.5	2.3	6.5	23	1.09	4.9	

注1) 単純平均値：範囲を有する計画は中間値を集計

注2) 排出率：排出負荷量/発生負荷量×100

(出典：表 3.3-3 と同じ)

表 3.3-5 鶏の汚濁負荷原単位と排出率（湖沼水質保全計画で使用している値）

湖沼水質保全計画	策定期	COD			T-N			T-P			備考
		発生負荷量 g/頭/日	排出負荷量 g/頭/日	排出率 %	発生負荷量 g/頭/日	排出負荷量 g/頭/日	排出率 %	発生負荷量 g/頭/日	排出負荷量 g/頭/日	排出率 %	
茨城県 霞ヶ浦	第6期	2.8	0.224	8.0	3.00	0.363	12.1	0.50	0.0025	0.5	採卵鶏
		2.8	0.224	8.0	2.62	0.317	12.1	0.29	0.0015	0.5	肉用鶏
滋賀県 琵琶湖	第6期	-	0.000	0.0	-	0.000	0.0	-	0.0000	0.0	全量農地還元
宮城県 釜房ダム	第6期	-	0.000	0.0	-	0.000	0.0	-	0.0000	0.0	全量農地還元
秋田県 八郎湖	第2期	3.0	0.300	10.0	1.00	0.100	10.0	0.15	0.0020	1.3	
単純平均値		2.9	0.131	4.5	1.91	0.110	5.6	0.27	0.0010	0.6	

注) 排出率：排出負荷量/発生負荷量×100

(出典：表 3.3-3 と同じ)

表 3.3-6 生活排水の窒素原単位

生活排水の種類	原単位(kg/人/年)
単独処理浄化槽排水	52~66
雑排水	1.10

(出典：表 3.3-1 と同じ)

表 3.3-7 土地量別の窒素溶脱率（参考値）

負荷源	土地利用	溶脱率(%)
施肥	畑	20~50
	水田	0~10
	草地	5~20
家畜排せつ物	畜産事業所	60~100
生活排水	住宅地	80~100
商工業排水	商工業地	80~100

(出典：表 3.3-1 と同じ)

表 3.3-8 畑地の窒素溶脱率

測定地	土壌	作物	施肥量 (kg/ha)	有機物 <sup>1)</sup> (kg/ha)	雨・灌漑 <sup>2)</sup> (kg/ha)	溶脱量 (kg/ha)	溶脱率 (%)
鹿児島	黒ボク土	陸稲/コムギ/カンショ/ エンバク/ローズグラス	257	0		87	34
鹿児島	黒ボク土	陸稲/コムギ/カンショ/ エンバク/ローズグラス	257	0		83	32
大分	黒ボク土	カンショ/コムギ <sup>2)</sup>	140	0		41	29
大分	黒ボク土	カンショ/コムギ <sup>3)</sup>	140	247		63	16
大分	黒ボク土	カンショ/コムギ <sup>2)</sup>	140	739		180	20
大分	黒ボク土	サトイモ/キャベツ	372	0		162	44
大分	黒ボク土	サトイモ/キャベツ	372	247		211	34
大分	黒ボク土	サトイモ/キャベツ	372	739		376	34
大分	黒ボク土	飼料作	332	0		35	11
大分	黒ボク土	飼料作	332	247		63	11
大分	黒ボク土	飼料作	332	739		220	21
愛知	第三紀	キャベツ/ハクサイ	600			24	4
愛知	洪積	キャベツ/ハクサイ	600			118	20
愛知	沖積	キャベツ/ハクサイ	600			109	18
愛知	第三紀	キャベツ/ハクサイ	600			70	12
千葉	砂質土	ホウレンソウ	300			20	7
千葉	砂質土	ホウレンソウ	300			19	6
静岡	砂土	コマツナ	100		10	29	26
静岡	砂土	コマツナ	200		10	58	28
静岡	砂土	コマツナ	300		10	118	38
群馬	黒ボク土	スイートコーン/ホウレンソウ	200	0		118	59
群馬	黒ボク土	スイートコーン/ホウレンソウ	200	200		247	62
群馬	黒ボク土	スイートコーン/ホウレンソウ	200	500		496	71
群馬	黒ボク土	スイートコーン/ホウレンソウ	200	1190		1052	76
香川	花崗岩	草地	176.2		10.4	2	1
香川	花崗岩	草地	176.2	71.2	10.4	2	1
香川	花崗岩	草地	143.8		10.4	3	2
香川	花崗岩	イネ/タマネギ <sup>2)</sup>	353.8		21.4	70	19
香川	花崗岩	イネ/裸麦	241.3		21.4	20	7
三重	黒ボク土	キャベツ	300			135	45
三重	黄色土	キャベツ	300			62	21
千葉	黒ボク土	陸稲/サトイモ/キャベツ	372		6	81	21
千葉	砂質土	陸稲/サトイモ/キャベツ	372		6	159	42
千葉	黒ボク土	陸稲/サトイモ	175		7	105	57
千葉	黒ボク土	陸稲/サトイモ	175		7	92	50
千葉	砂質土	陸稲/サトイモ	175		7	93	51
千葉	砂質土	陸稲/サトイモ	175		7	71	39
新潟	砂丘未熟土	ダイコン/タバコ	318.42	111.79	40.91	289	61
新潟	砂丘未熟土	ダイコン/タバコ	0		40.91	105	256
宮崎	黒ボク土	ソルガム/イタリアン	450			123	27
宮崎	黒ボク土	ソルガム/イタリアン	450			138	31
宮崎	黒ボク土	ソルガム/イタリアン	450			141	31
宮崎	黒ボク土	ソルガム/イタリアンライグラス	0	543		93	17
宮崎	黒ボク土	ソルガム/イタリアンライグラス	450	543		171	17
宮崎	黒ボク土	ソルガム/イタリアンライグラス	675	543		243	20



岐阜	黒ボク土	ニンジン	0		45	—
岐阜	黒ボク土	ニンジン	500		305	61
岐阜	黒ボク土	ニンジン	400		130	33
岐阜	黒ボク土	ニンジン	0		51	—
岐阜	黒ボク土	ニンジン	500		362	72
岐阜	黒ボク土	ニンジン	400		172	43
鳥取	砂丘未熟土	ナガイモ	396		422	106
鳥取	砂丘未熟土	ナガイモ	0		226	—
鳥取	砂丘未熟土	ナガイモ	320		404	126
鳥取	砂丘未熟土	ナガイモ	400		382	96
鳥取	黒ボク土	シバ	330		116	35
鳥取	黒ボク土	シバ	260		70	27
鳥取	黒ボク土	シバ	330		111	34
長崎	細粒赤色土	ニンジン/ショウガ/ パレイショ/トウモロコシ	26	0	30	117
長崎	細粒赤色土	ニンジン/ショウガ/ パレイショ/トウモロコシ	26	31	47	82
長崎	細粒赤色土	ニンジン/ショウガ/ パレイショ/トウモロコシ	26	79	74	71
長崎	細粒赤色土	パレイショ/トウモロコシ	19	0	13	73
長崎	細粒赤色土	パレイショ/トウモロコシ	19	31	27	54
長崎	細粒赤色土	パレイショ/トウモロコシ	19	79	53	54
山形	砂丘未熟土	メロン	800		546	68
山形	砂丘未熟土	メロン	1000		743	74
山形	砂丘未熟土	メロン	1200		879	73
福岡	灰色低地土	トウモロコシ/イタリアンライグラス	410		150	37
福岡	灰色低地土	トウモロコシ/イタリアンライグラス	410		135	33
福岡	灰色低地土	トウモロコシ/イタリアンライグラス	410		160	39
福岡	灰色低地土	トウモロコシ/イタリアンライグラス	0		25	—
茨城	黒ボク土	トウモロコシ/ハクサイ/ ソルガム/ダイコン/ニンジン	342.5	4.7	76	22
茨城	黒ボク土	トウモロコシ/ハクサイ/ ソルガム/ダイコン/ニンジン	0	4.7	5	—
茨城	黒ボク土	トウモロコシ/ハクサイ/ ソルガム/ダイコン/ニンジン	342.5	73	60	14
茨城	黒ボク土	トウモロコシ/ハクサイ/ ソルガム/ダイコン/ニンジン	595	4.7	150	25
茨城	黒ボク土	トウモロコシ/コムギ/ニンジン	407	12.9	3	1
茨城	黒ボク土	トウモロコシ/コムギ/ニンジン	407	12.9	6	1
茨城	黒ボク土	トウモロコシ/コムギ/ニンジン	407	12.9	11	3
茨城	灰色低地土	トウモロコシ/コムギ/ニンジン	407	12.9	23	5
茨城	灰色低地土	トウモロコシ/コムギ/ニンジン	407	12.9	19	5
茨城	灰色低地土	トウモロコシ/コムギ/ニンジン	407	12.9	76	18

1) 堆肥等の形態で施用した有機物中の窒素

2) 雨水および灌漑水中の窒素

(出典：表3. 3-1と同じ)

### 3.4. 数値シミュレーション手法

#### (1) 移流分散モデル

数値シミュレーションは、地下水の流動が目に見えないことから、地質データや気象データ、観測井でのデータ及び湧水・河川等の観測データ等を使用し、移流分散モデルを用いて解析し、地下水の流動と物質の拡散の様子を把握する手法である。

地下水の移流分散モデルでは、一般的に移流分散解析が用いられており、運動方程式、連続の式、移流分散方程式からなる連立微分方程式を、空間的、時間的に解くものである。

代表的な移流分散モデルを表3.4-1に示す。

表3.4-1 代表的な移流分散モデルの比較

主要機能		WEP モデル	MODFLOW	Dtransu-3D	GETFLOWS
概要	開発機関	(独)土木研究所	U. S. Geological Survey	岡山大学他	東京大学他
	次元	2D	3D	3D	3D
	離散化手法	有限差分法	有限差分法	有限要素法	積分型有限差分法
地下水流動	地表流との結合	○	—	—	○
	飽和・不飽和	○	飽和のみ	○	○
	透水異方性	—	○	○	○
	空気流との干渉	—	—	—	○
物質移動	多相流れ	—	—	—	○
	密度流	—	—	○	○
	熱移動	○	—	—	○
	移流・分散	—	○	○	○
	吸着(平衡)	—	○	○	○
	吸着(非平衡)	—	○	○	○
	崩壊・減衰	—	○	○	○
	相変化(揮発)	—	—	—	○
溶解	—	—	—	○	

(出典：国土交通省 国土技術制作総合研究所, 土壌・地下水が水域に及ぼす影響に関する研究, 国土技術総合研究所プロジェクト研究報告 No. 12, 2006)

硝酸性窒素等による地下水汚染は、過剰施肥や家畜排せつ物の不適正処理や生活排水の地下浸透等により、土壌へ供給された窒素が硝酸性窒素等に変化し、地下水へ移行することによって起こるが、土壌中に地下水が存在しない地層（不飽和帯）の硝酸性窒素等の輸送媒体は土壌水（間隙水）である。

また、地下水が存在する地層（飽和帯）における硝酸性窒素等の輸送媒体は地下水であり、不飽和帯と飽和帯では硝酸性窒素等の移流分散の要因は異なっている。

そして、地層中の物質の移動速度は、地層の化学特性（物質の吸着や脱着特性、嫌気・好気条件等）や物理的性状（空隙率や密度等）に大きく左右される。

このため、数値シミュレーションでは、予測の対象となる地域の地質と地下水の状況について、あらかじめ十分に把握しておくことが必要である。

■ 数値シミュレーションの解析事例（長野県）<sup>(3)</sup>

環境省では平成 17 年度より、地域の実情に応じた実行可能な対策の立案、対策の効果の定量的な予測・評価を行うことによって総合的な硝酸性窒素対策を支援する「硝酸性窒素総合対策モデル事業」を実施している。

以下は、長野県豊丘村におけるモデル事業の概要である。

① 硝酸性窒素汚染の経緯

豊丘村では、平成 15 年度及び 16 年度に、長野県によって地下水汚染の実態調査及び汚染原因の解析が行われた。この調査の背景にあったのは、水道水源の約 95%を地下水に依存する豊丘村の水道水源井戸において、硝酸性窒素の濃度が近年増加傾向にあり、一部の井戸で基準を超過したことである。県の調査の結果、硝酸性窒素汚染は浅層地下水のみでなく、ミソベタ層という難透水層の下の層にも見られることが分かった。

調査の結果、主な汚染原因は、過去に農地等に供給された化学・有機質肥料及び堆肥を含めた家畜排せつ物とされた。また、近年の地下水揚水量の増加や、水田面積の減少による涵養量の減少についても指摘された。そして、考えられる地下水保全対策として、窒素負荷削減対策、地下水汚染緩和対策等が挙げられた。

② モデル事業の概要

モデル事業の概要を図 3. 4-1 に示す。

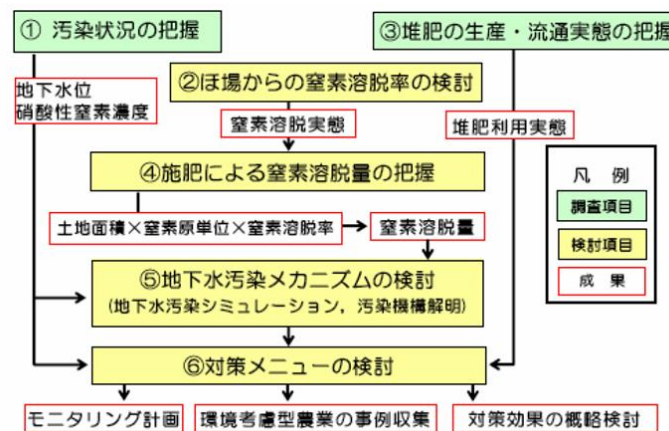


図 3. 4-1 長野県豊丘村におけるモデル事業の概要

(出典：環境省 吉井ら，地下水の硝酸性窒素汚染対策について～長野県豊丘村における硝酸性窒素総合対策モデル事業～，2008)

③ 窒素負荷量の把握

地下水の汚染原因とされている段丘部を含む重点地域での地下水汚染メカニズムを明らかにするため、同地域での過去から現在にかけての窒素溶脱量の変化を把握した。

<sup>(3)</sup> 環境省 吉井ら，地下水の硝酸性窒素汚染対策について～長野県豊丘村における硝酸性窒素総合対策モデル事業～，2008

窒素溶脱量は、「果樹園」、「水田」、「畑」、「桑園」の土地利用面積に、表 3.4-2 に示す窒素原単位と窒素溶脱率を乗じることで算出した。窒素溶脱率は既存文献（環境省 2002 硝酸性窒素による地下水汚染対策の手引きほか）より、果樹 30%、水稲 5%、野菜 35%、桑 42%とした。

表 3.4-2 過去から現在にかけての窒素原単位の整理

年代	農作物毎の窒素原単位 (Nkg/10a) <sup>※1</sup>			
	果樹(果樹園) <sup>※2</sup>	水稲(水田)	野菜(畑) <sup>※3</sup>	桑(桑園)
昭和45年	19.2	-	-	-
昭和50年	-	-	-	-
昭和55年	18.0	-	-	-
昭和60年	18.0	-	-	-
平成2年	18.6	-	-	30~40
平成5年	-	10.0	27.3	
平成7年	18.3	-	-	
平成10年	-	9.0	24.6	
平成15年	20.5	10.1	-	
平成17年	19.2	-	-	

※1 原単位の出典は以下の通りである

	: 地域施肥基準		: 村の生産記録に基づく値
	: 長野県施肥基準		: 全国の施肥基準に基づく値
	: H15アンケート(県実施)結果		

※2 複数果樹種の平均値

※3 複数野菜種の平均値

(出典: 図 3.4-1 と同じ)

#### ④ 地下水汚染メカニズムの検討

村中心を東西に切る代表断面で2次元地下水流動解析を行った。想定される箇所に地下水位線が表現され現況再現が図れた。

図 3.4-2 にシミュレーション結果を示す。

#### ⑤ 地下水汚染解析

地下水流動解析を行った代表断面で地下水汚染解析を行った。地表面に与える窒素の涵養濃度を変化させ、現状の硝酸性窒素濃度との比較を行った(感度解析)結果、地表面に与える硝酸性窒素濃度を 15mg/L とし涵養開始から 40 年経過した状態が、現況の対象地の水源井の硝酸性窒素濃度(6~15mg/L)と近くなった。よって、対象地の窒素汚染が始まったのは現在より 40 年前の昭和 40 年前後である可能性が示唆された(図 3.4-3 左図 参照)。

次に、重点調査地域での現在の窒素溶脱量と地下水涵養量から算出される窒素涵養濃度 5.4mg/L が今後も続くと仮定すれば、対象地の水源井の硝酸性窒素濃度が環境基準を下回るのに約 40 年かかることが示唆された(図 3.3-3 右図 参照)。

豊丘村の事例では、シミュレーションの解析結果から、地下水の硝酸性窒素汚染の原因を追認し、汚染メカニズムを検証することにより、実行可能な対策メニューを策定した。

この事例では、シミュレーションのケーススタディによって、具体的な負荷削減量を設定するところまでは実施されていないが、汚染メカニズムを明らかにし、

発生源について普及啓発することによって地元の関係者間で協議して対策ができた事例である。

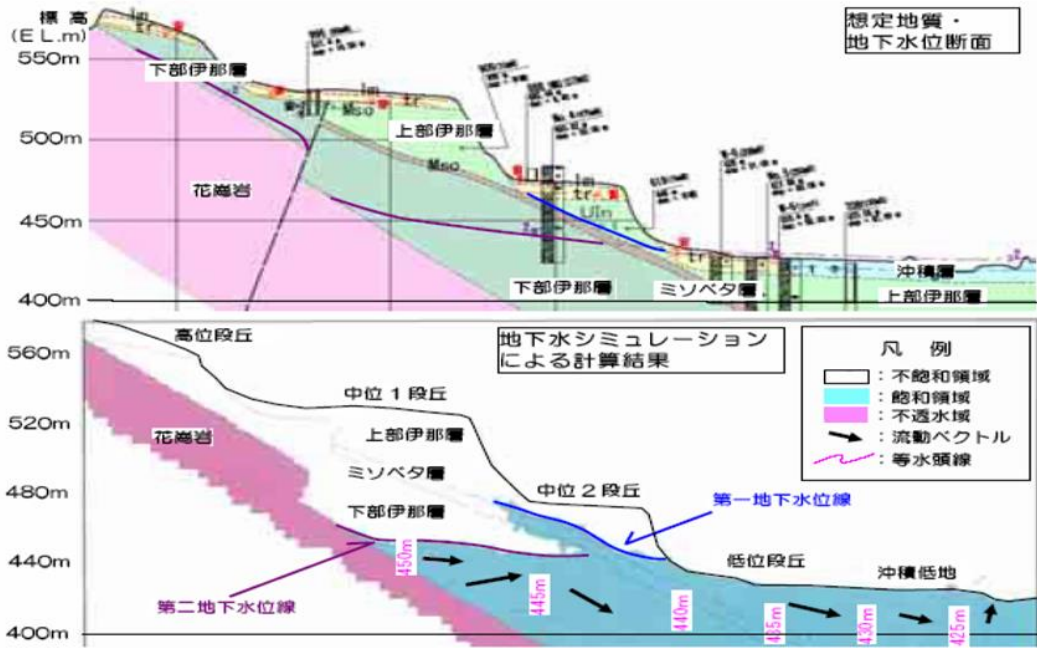


図 3. 4 - 2 流動シミュレーション結果

(出典：図 3. 4 - 1 と同じ)

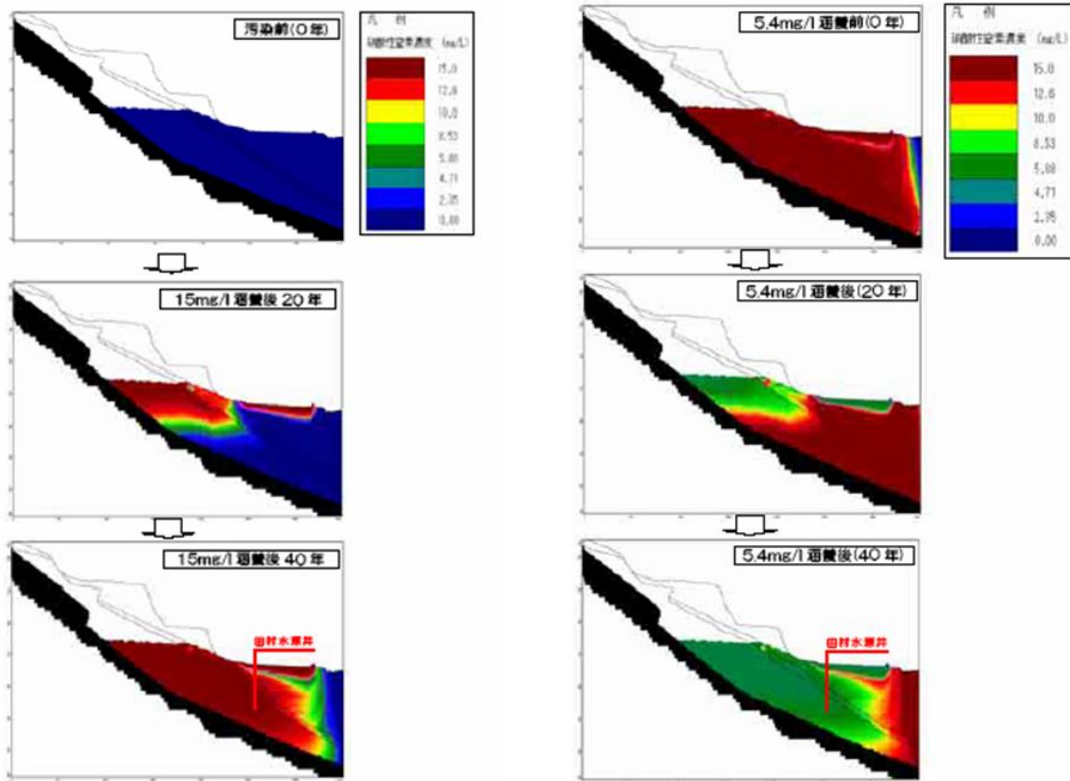


図 3. 4 - 3 硝酸性窒素濃度シミュレーション結果

左図：硝酸性窒素濃度 15mg/L で涵養した場合の拡散過程  
 右図：硝酸性窒素濃度 5.4mg/L で涵養した場合の拡散過程  
 (出典：図 3. 4 - 1 と同じ)

## (2) リスク評価モデル

(独)農業環境技術研究所では、平成18年度から22年度にかけて、硝酸性窒素による地下水汚染リスク評価システムの構築を行っている。

### ① モデル構築の背景

農地土壌からの水と硝酸性窒素の溶脱は、地下水への流入水中の硝酸濃度を決める主要因である。このうち、溶脱水量は、主な項目の水収支として、

$$\text{溶脱水量} = (\text{降雨量} + \text{灌漑水量}) - (\text{表面流去} + \text{蒸発散量})$$

で求められる。

他方、溶脱する硝酸性窒素量は、土壌有機物の変化や無機化や有機化による形態変化を無視すれば、土壌表面での窒素収支として、

$$\begin{aligned} \text{溶脱する硝酸性窒素量} = & (\text{施肥} + \text{施用有機物} + \text{大気降下物} + \text{作物体還元量} \\ & + \text{窒素固定} + \text{灌漑水}) - (\text{作物体の持ち出し量} + \text{脱窒} \cdot \text{揮散}) \end{aligned}$$

として求められる。

しかし、これらから求められる溶脱水中の窒素濃度は、作物ごとに決まった値となり、硝酸汚染を回避するためには、溶脱水量を増やすか、溶脱窒素量を減らすか、の二通りの選択肢しかない。現実的には施肥や有機物施用量を削減することが主体となるが、何をどの程度減らすかについての情報は別に求める必要がある。

さらに、水収支に大きな影響を及ぼす降雨量は、蒸発散量に比し年ごとの変動が大きく、降雨量の変化は、窒素収支にも影響を及ぼす。例えば、施肥直後のまとまった雨や年間を通じた降雨量の増加は土壌中からの硝酸溶脱を促進し、作物による吸収量を減らす場合もある。

このように、不確実な気象条件の変動に対応して作物生産(収穫量)を維持しながら、硝酸溶脱量の低減を図るためには、現行の栽培体系のみならず、新たな栽培体系においても窒素動態を、できるだけ簡易に把握できる手法の開発が必要である。このような空間的・時間的に変動を持つ営農に伴う窒素動態を取り扱うためには、数値モデルを用いることが有効となる。

### ② モデルの特徴

このモデルでは、地下水の流動シミュレーションで硝酸性窒素濃度を再現するのではなく、地下水に流入する地下浸透水中の窒素濃度が地下水水質基準(年平均値で10 mg-N/L)を超過することとし、この確率をリスクと考える。そして、ある地点を対象に行われる営農で生じる地下浸透水量と窒素負荷量から算定される地下水への流入水中窒素濃度の変動に対してリスクを評価するという点が特徴である。

また、一般に農業に起因する地下水の硝酸汚染は、帯水層の上部で顕著であり、また観測井の直上またはごく近傍の土地利用を反映することから、当該地下水の水質改善を目的とする場合は、比較的限られた範囲を対象とするだけでもよいと考えている。

さらに、こうした地下水の汚染は面的な広がりを持っていること、ひいては表面水の汚染にもつながっていることを踏まえ、モニタリングの容易な河川水質管理を

対象の一つと位置づけて、その流域範囲を地下水汚染の面的な広がり の検討単位として扱うこととするとしている点で特徴的である。

### ③ モデルの構造

農地由来の硝酸性窒素による地下水汚染リスク評価システム RealN (Risk evaluation for agricultural leached Nitrogen、(独) 農業環境技術研究所、2011 ; 前田ら、2012) は、「点」である農地と「面」である河川流域を対象とするモデルを組み合わせ、流域内の個々の地点における地下水中硝酸性窒素濃度と汚染リスクを評価するシステムとして開発された。そして、その結果として「面」の出力である河川水中の窒素濃度が予測される(図3.4-4 参照)。

ここで、「点」のモデルは、鉛直一次元の窒素溶脱予測モデル LEACHM (Leaching Estimation and Chemistry Model、Hutson、2003) を日本の畑地に多い黒ボク土への適用等を目指して改良したもので(朝田ら、2010 ; 朝田ら、2011)、国内のさまざまな土壌、作物の栽培を対象に、有機物を含む窒素投入に対する作物吸収、土壌有機物変化量、溶脱窒素量等を計算する(図3.4-5 参照)。

LEACHM モデル入力データは、1) 気象条件 : アメダス日別データ、2) 基準蒸発散量 : FAO Penmann-Monteith 式による ET<sub>0</sub> の週平均値、3) 土壌の物理的・化学的性質 : 定点調査データの地目・土壌統群・層別平均値とそれに基づく水分保持曲線・不飽和透水係数パラメータ (van Genuchten-Mualem モデル)、4) 作付体系・肥培管理・目標収量等 : 県の野菜栽培基準、耕種基準等 (crop management standard)、5) 地下水位 : 地域の地質柱状図に基づき内挿、等である。水移動は Richards 式、溶質輸送は移流分散式に従うとしている。

「面」のモデル MacT (Mixing areal chemical Transport、(独) 農業環境技術研究所、2011) は、流域を地質や土壌、土地利用等の GIS データと、統計資料に基づく農地の分布等で表現し、「点」の計算結果を入力として、地下水流動で生じる混合や、地下水中の脱窒除去による濃度変化を計算する。流域最下流点となる河川水窒素濃度は、以上の計算の結果として出力される(図3.4-6 参照)。

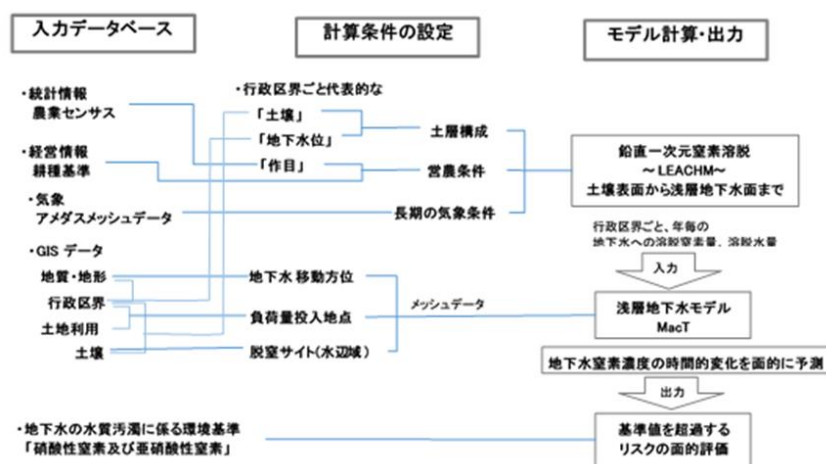


図3.4-4 硝酸性窒素による地下水汚染リスク評価システム RealN の構造

(出典 : 板橋直, 流域レベルで地下水の硝酸汚染リスクを評価するモデル, (独) 農業環境技術研究所(2011a), 前田ら(2012)を一部改変)

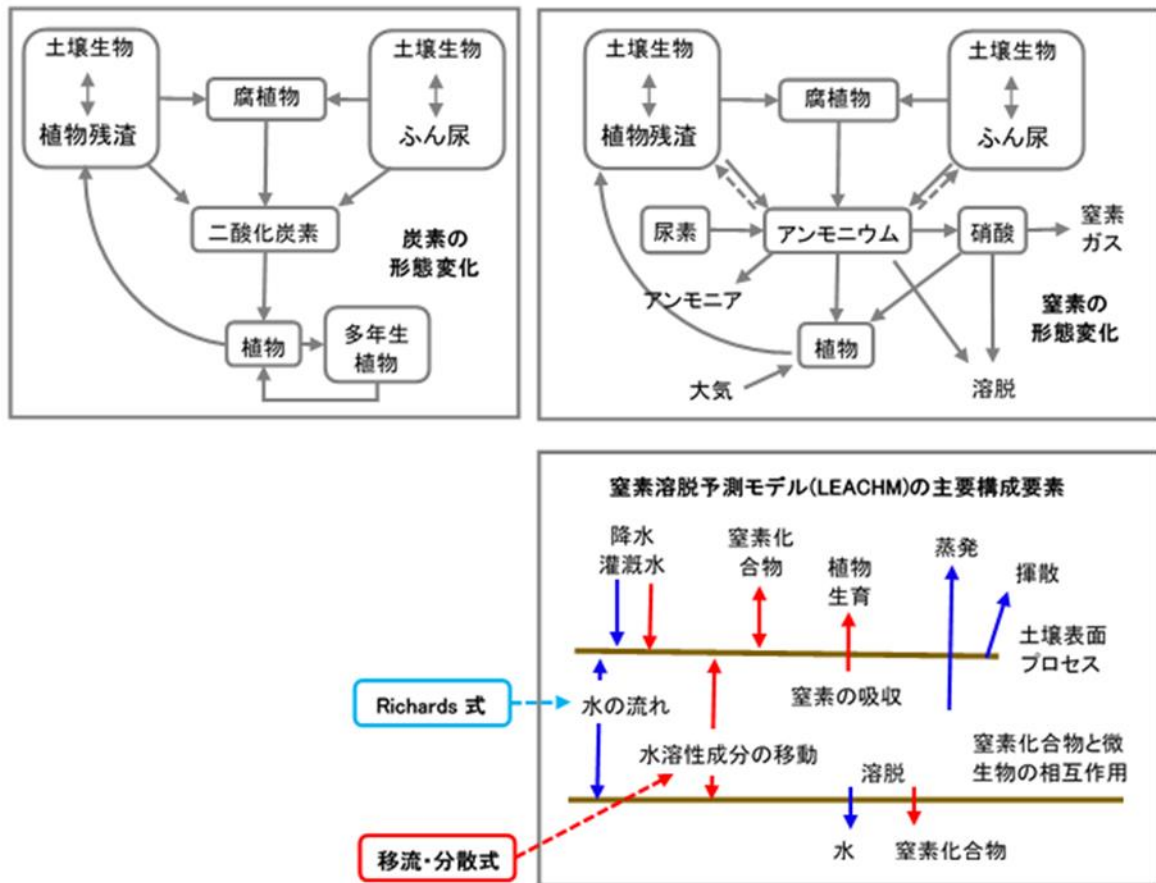


図 3. 4 - 5 窒素溶脱予測モデル (LEACHM) の概要 (Hutson(2003) を一部改変)

(出典：板橋直，流域レベルで地下水の硝酸汚染リスクを評価するモデル，(独) 農業環境技術研究所(2011a))

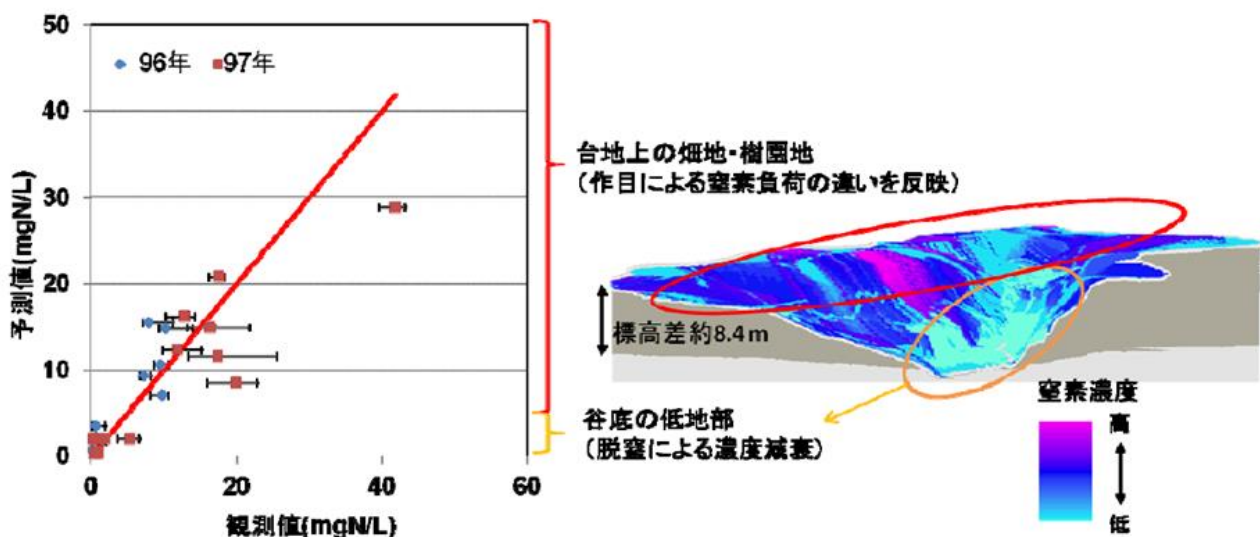


図 3. 4 - 6 MacT の適用例

谷津地形における台地上の畑地・樹園地での窒素負荷の違いによる地下水中窒素濃度の分布，および低地部における脱窒による濃度減衰の結果生じる低濃度域を表現

(出典：図 3. 4 - 5 と同じ)



#### ④ 解析事例

本解析で対象としたH川は、K水系への流入河川の一つであり、水質汚濁が進行している。同河川流域は面積およそ 46km<sup>2</sup>で、その約 4 割が畑地として利用されている。畑地の多くは、平坦な洪積台地面を覆う火山灰ローム層および黒ボク土上にある。同流域は果菜類の産地として知られ、2000 年世界農林業センサスを用いて農業集落単位で見た場合、流域内の大半の集落で当該果菜の栽培が主体であり、これにも類が続く。台地上の畑地からの地下浸透水が、浅層の地下水系を通じて河川の汚濁源となっている。

流域内畑地で代表的な作物を施肥基準に従って栽培する条件による窒素動態を検討した。

県の栽培基準では、この作物の栽培体系に対する窒素投入は、施肥基準量は 100 kg-N/ha、これに有機物として 20 t/ha の施用が推奨されている。有機物として流通量の多い牛ふん堆肥を使う場合、両者の合計窒素施用量は約 260kg-N/ha となる。

対して窒素持ち出し量は、目標収量 30t/ha による吸収窒素量がおよそ 100 kg-N/ha である。以上から、土壌に残される余剰窒素量（溶脱窒素量）は、投入量－持ち出し量で 160 kg-N/ha となる。また、当該地点での余剰水量（溶脱水量）は、平均的な降水量と蒸発散量の差し引きにより、625 mm と推定される。このような簡易な収支計算によって、この作付け体系による地下水への溶脱水中硝酸濃度は 26 mg-N/L と推定された。

LEACHM に地域の 1978 年～2008 年（31 年分）の気象条件を与えて、この体系により生じる窒素動態を計算した。年間の窒素吸収量の範囲は、101～105 kg-N/ha と安定していることが予測された。しかし、降雨量の年変動に伴い、年間溶脱水量は 242～1,204mm、地下水への溶脱窒素量は 61～287 kg-N/ha と大きく変動すると予測され、この結果、浅層地下水への溶脱水の窒素濃度は 19～27 mg-N/L の範囲で変動することが予測された（図 3.4-7 参照）。

次に、流域内の 42 集落を対象に、各集落での代表的な作付けにおける 31 年分の気象条件により得られた溶脱水量、溶脱窒素量のデータセットを MacT に入力し、地下水中窒素濃度の面的な分布を推定した。

このうち、平均的な気象条件における地下水中窒素濃度の分布は図 3.4-8（左図参照）に示すとおりであり、県の測定値と比較したところ、妥当な結果であることが把握された。

#### ⑤ リスク低減シナリオ

主要果菜類の生産を維持しつつ、地下水への溶脱水中窒素濃度を低減する管理を検討した。

LEACHM を使うことにより、この土壌では地力窒素の供給源となる土壌有機物量を維持するために、作物残さの還元以上の有機物投入が必要であること、また、溶脱水中窒素濃度および汚染リスク低下には、有機物を含めた土壌への総窒素投入量を溶脱水量に見合う量にまで抑制する必要性が示唆された。

これを実現する管理の一例として、化学肥料の半減と、削減分に相当する窒素量のみを供給する有機物施用に変更することが有効と考えられた（朝田ら、2011）。

このことにより、作物の窒素吸収量を確保しながら、溶脱窒素量、溶脱水中窒素濃度を大幅に低減し、結果として地下水汚染リスクを低く保つことができると予測された。

そして、この栽培体系の変更を流域内に広範囲に普及することにより、河川水窒素濃度を周辺の都市河川程度にまで低下させると予測された（図3.4-9 参照）。

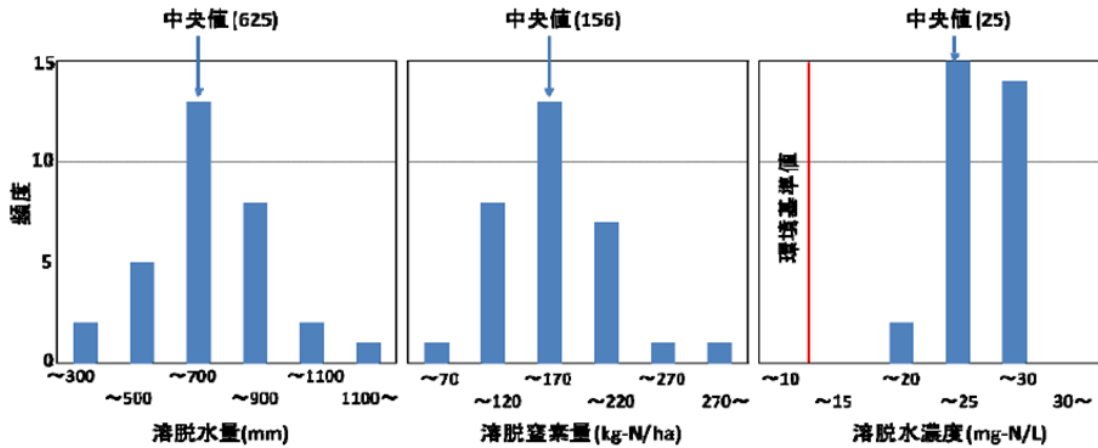


図3.4-7 LEACHMで予測された施肥基準準拠での果菜類栽培における年間の浸透水量、溶脱窒素量、浸透水中窒素濃度の頻度分布（n=31）

（出典：図3.4-5と同じ）

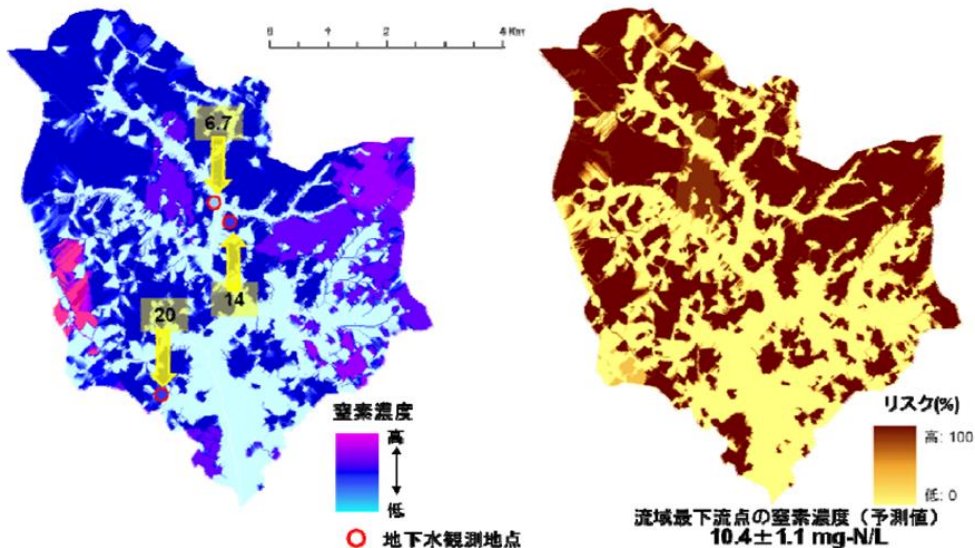


図3.4-8 K水系H川流域の代表的な作目による標準的な気象条件の年の地下水中窒素濃度分布（左）と気象の変動を考慮した時の地下水環境基準値を超過するリスク評価図（右）

（出典：図3.4-5と同じ）

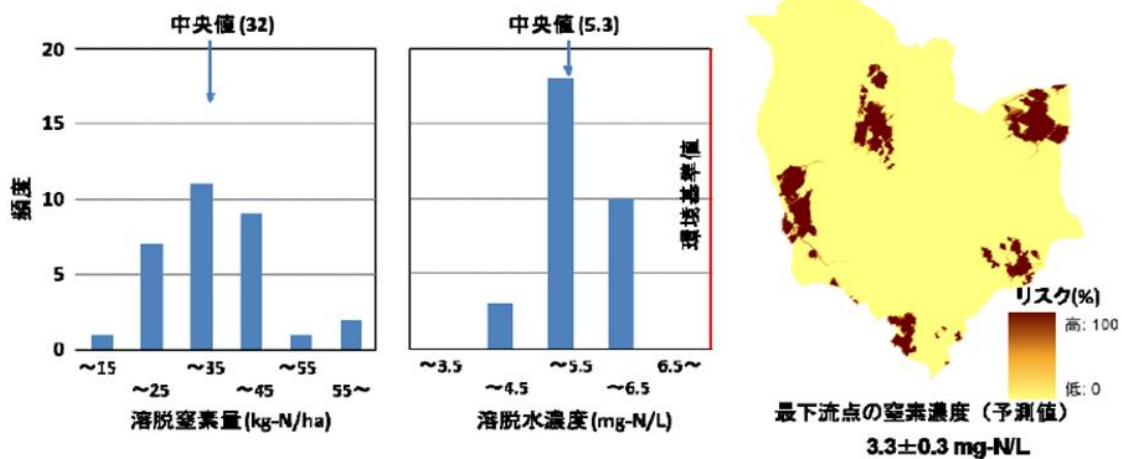


図3.4-9 主要果菜類の管理変更（化学肥料半減，削減分に相当する窒素量を有機物で代替）による溶脱窒素量と溶脱水窒素濃度の頻度分布（n=31）と，そのときに予測される地下水汚染リスク評価図

（出典：図3.4-5と同じ）

## 4. 硝酸性窒素等に係る対策

### 4.1. 地下水汚染対策に係るこれまでの取組み

#### (1) 硝酸性窒素に係る主な地下水質保全施策

環境省では、土壌・地下水汚染に関して様々な取組みを行ってきた。そのうち、硝酸性窒素等に係る主な取組みを表4.1-1に示す。

表4.1-1 これまでの硝酸性窒素対策に係る環境省の主な取組み

年次	取組みの内容
平成元年8月	「特定地下浸透水が有害物質を含むものとしての要件」の告示 水質汚濁防止法で地下に浸透させてはならないとしている有害物質を含む特定地下浸透水の有害物質による汚染状況を検定する要件を告示した。
平成11年1月	「土壌・地下水汚染に係る調査・対策指針」の策定 土壌・地下水汚染について、調査から対策までの手法を示した指針を策定した。
平成11年2月	「地下水の水質汚濁に関する環境基準」の告示 環境基本法（平成5年）の規定に基づく水質汚濁に係る環境上の条件のうち、地下水の水質汚濁に係る環境基準について告示した。
平成13年7月	「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」の策定 硝酸性窒素等による地下水汚染が常時監視等により判明した場合に、都道府県等が汚染原因の把握や負荷低減対策等を実施する際の調査内容、留意点等を示したマニュアルを策定した。
平成13年7月	「硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素に係る土壌管理指針」の策定 施肥対策を含めた土壌管理の進め方の手法を示した指針を、農林水産省とともに策定した。
平成16年7月	「硝酸性窒素による地下水汚染対策事例集」の作成 地方公共団体等による地域の実情に応じた硝酸性窒素対策を推進するため、先進的な地方公共団体の窒素負荷低減対策に関する取組事例等を紹介した事例集を作成した。 (参照； <a href="http://www.env.go.jp/water/chikasui/no3_taisaku/index.html">http://www.env.go.jp/water/chikasui/no3_taisaku/index.html</a> )
平成16年度 ～ 平成20年度	「硝酸性窒素浄化技術開発普及等調査」の実施 硝酸性窒素浄化技術について、実際の汚染地域において実証調査を実施し、技術の有効性・経済性・適用条件等を評価し、面的に広がりのある硝酸性窒素による地下水汚染を効果的に浄化するための手法を確立する調査を実施した。 啓発用パンフレット「未来へつなごう私たちの地下水－気づいていますか？硝酸性窒素汚染－」及び実証調査等に係る浄化技術についてとりまとめた「硝酸性窒素による地下水汚染対策手法技術集」を作成した。 (参照； <a href="http://www.env.go.jp/water/chikasui/no3_taisaku/tech.html">http://www.env.go.jp/water/chikasui/no3_taisaku/tech.html</a> )
平成17年度 ～ 平成19年度	「硝酸性窒素総合対策モデル事業」の実施 硝酸性窒素による地下水汚染が認められる地域において、汚染原因の把握、地域の実情に応じた実行可能な硝酸性窒素対策の立案・実施、対策の効果の定量的な予測・評価に必要な調査を実施し、総合的な対策の実施を支援する事業を実施した。

注：上記の他、農林水産省等と連携し、取組みを実施している。

これまでの関係者の取組みの成果として、特に代表的な事例を表4.1-2に示す。

多くの事例では5年以上12年近くの変化から、地下水中の硝酸性窒素濃度の低減傾向を評価しており、地下水質の変化を見るのに5年～10年といった長期のスパンが必要と思われる。茨城県の事例では、2年では変化が見られなかったとしているが、福岡県の事例では2年間で効果が見られたとしている。

表 4. 1 - 2 窒素負荷低減対策の事例

自治体	期間	窒素負荷低減対策の事例
茨城県	2004 年～ 2006 年の 2 年間の 変化	茨城県の北浦を調査地とし、家畜排せつ物法施行（2004 年 11 月）により家畜排せつ物の処理を素掘り貯留地から簡易処理施設へ転換した前後 2 年間の栄養塩の流出傾向について考察した。 この結果、平均 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が 1.9 mg/L から 1.1 mg/L へ、平均 $\text{NH}_4\text{-N}$ 負荷量が 6.3kg/d から 2.6kg/d に減少した。一方、平均 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度や平均 $\text{NO}_3\text{-N}$ 負荷量には大きな変化が見られなかったが、これは簡易処理施設から生じた汚泥等を堆肥として施用しているためと考えられた。
群馬県	2000 年～ 2005 年の 5 年間の 変化	平成 17 年度の地下水概況調査において硝酸性窒素の環境基準超過率が低減した要因を統計学的に考察した。 この結果、平成 12 年度から平成 16 年度は 23.8～29.8% で推移していた硝酸性窒素および亜硝酸性窒素の環境基準超過率が平成 17 年度には 13.8% と改善した。これは、畑面積、家畜飼養頭数、農業人口に関連する何らかの変化と関連していることが示唆され、家畜排せつ物法の施行や畑地への施肥量減少がその要因の一つと考えられた。
静岡県	1997 年～ 2009 年の 12 年間の 変化	減肥が進行している茶園が集積した台地とその周縁部の小河川、湧水及び井水をモニタリングした。この結果、窒素施肥量は減少し、22 河川中 17 河川で有意な硝酸性窒素濃度の減少が認められ、茶園での施肥量削減の効果と考えられた。 湧水においても 9 地点中 7 地点で硝酸性窒素濃度の減少傾向が観察され、1997 年には 60 mg/L 超であった観察地点の硝酸性窒素濃度は 2009 年では 20 mg/L であった。
岐阜県	1988 年～ 2000 年の 12 年間の 変化	ニンジンの畑作地帯である岐阜県各務原市において 1988 年から減肥を開始した。この結果、1990 年に 30mg/L であった調査地点では、2000 年に 22 mg/L、1984 年に 20mg/L 超であった調査地点では、2000 年に 12mg/L へと減少した。
三重県	1997 年～ 2004 年の 7 年間の 変化	茶栽培が盛んな三重県鈴鹿市において環境負荷低減を目的として 1997 年から施肥削減へ取組んだ。この結果、1 m 深度での実験圃茶園地下水の推定硝酸性窒素濃度は、実証区で約 20 mg/L、慣行区では約 40 mg/L（いずれも 2004 年 10 月の試験終了時）であり、試験期間中慣行区の半分以下で推移し、環境負荷が低減されたことが明らかとなった。
福岡県	1997 年～ 1999 年の 2 年間の 変化	茶畑において、窒素施肥量を 1,192kg/ha から 810kg/ha まで減量する取り組みを実施した。この結果、試験地の域外に流出する窒素負荷量は、年窒素施肥量に対して第 1 調査年（1997 年 6 月～1998 年 5 月）の 73% から第 2 調査年（1998 年 6 月～1999 年 5 月）の 38% に減少した。また、茶畑流出水（湧水）の硝酸性窒素の年平均濃度は第 1 調査年の 34 mg/L から第 2 調査年の 29 mg/L まで減少し、窒素施肥量の減少による効果が認められた。
沖縄県 宮古島 市	1989 年～ 2008 年の 9 年間の 変化	サトウキビへの単位面積当たりの施肥量の低下、施肥時期の改善等に取り組んだ。この結果、硝酸性窒素濃度は、1989 年の平均～8 mg/L（島内 13 地点）から 2008 年には平均 5.0～5.7 mg/L に低減した。

現在、わが国で主に実施されている各省庁の硝酸性窒素対策に係る法制度や規制、各種施策について、表 4. 1-3 にとりまとめた。

表 4. 1 - 3 わが国における硝酸性窒素対策に関する各種施策

所管省庁		環 境 省					農 林 水 産 省			厚 生 労 働 省	
関係法令等	法律名	環境基本法	水質汚濁防止法	湖沼水質保全特別措置法(湖沼法)	浄化槽法	水道水源特別措置法	食料農業農村基本法	持続性の高い農業生産方式の導入に関する法律(持続農業法)	家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律(家畜排せつ物法)	水道法	水道原水水質保全事業の実施の促進に関する法律
	制定年	平成 5 年	昭和45年	昭和59年	昭和58年	平成 6 年	平成11年	平成11年	平成11年	昭和32年	平成 6 年
	主な内容	・地下水の水質汚濁に係る環境基準(硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素)	・地下水質の常時監視 ・有害物質の地下浸透規制 ・汚染地下水の浄化措置	・指定湖沼の指定及び水質保全計画の策定 ・流出水対策地区、湖辺環境保護地区の指定 ・工場、事業場への負荷規制 ・面的負荷削減対策の推進	・保守点検清掃 ・単独処理から合併処理への切り替え促進 ・窒素除去型合併処理浄化槽の積極的導入	・特定水道利水障害を防止するため、公共用水域における水質目標の達成と、そのための施策を規定	・環境保全型農業の確立	・堆肥等による土づくり ・化学肥料の使用低減	・管理基準の遵守 ・施設整備の推進等による利用の促進	・水道水質基準(硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素)	・水道原水の水質の保全に資する事業の実施を促進する措置について規定
	指針等		・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 ・硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素に係る土壌管理指針(農林水産省)	・各指定湖沼の水質保全計画	・維持管理ガイドライン ・よりよい水循環のための浄化槽の自己管理マニュアル(一般向け)	・水質保全基本方針 ・総合計画の策定(都道府県)	・環境保全型農業技術指針 ・施肥基準(都道府県) ・農業環境規範	・持続性の高い農業生産方式の導入指針(都道府県)	・家畜排せつ物の利用の促進を図るための基本方針	・水道における硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素対策の手引き	・水道原水水質保全事業の実施の促進に関する基本方針 ・事業実施計画(都道府県)
主な関連施策			・硝酸性窒素による地下水汚染対策事例集 ・硝酸性窒素浄化技術開発普及等調査 ・硝酸性窒素総合対策モデル事業	・湖沼計画における各種施策	・浄化槽設置整備事業 ・浄化槽市町村整備推進事業 ・汚水処理施設連携整備事業(農林水産省および国土交通省との連携)	・対策事業(各事業ごとの事業法により実施) ・排水規制の実施 ・普及啓発の推進 ・調査研究等の推進		・エコファーマー支援 ・環境保全型農業直接支払い	・家畜排せつ物処理施設等に関する支援策(補助事業、融資制度、税制措置、リース事業)	・各種水道水源保全事業	
水質・排水基準/規制		○	○	○	○					○	
対策	施肥対策		○	○		○	○	○			○
	生活排水対策		○	○	○	○					○
	家畜排せつ物対策		○	○		○		○			○
	工場・事業所等対策		○	○							

## 4.2. 硝酸性窒素等に係る主な負荷源の種類

### (1) 農業系

#### ① 施肥

肥料として畑地や果樹園等に供給されたアンモニア性窒素や硝酸性窒素は作物により吸収される。一方、作物に吸収されず畑地に残存したアンモニア性窒素は、大部分が土壌粒子や土壌有機物に吸着されるが、残存した硝酸性窒素は土壌粒子にほとんど吸着することなく地下水へ溶脱する。畑地や果樹園等での施肥量は作物によって大きく異なる。特に多肥の畑地においては硝酸性窒素の溶脱が大きくなる場合があり、こうした場合には施肥量の低減化や土地改良等の対策が行われているところがある。

#### ② 施肥における課題

農地が面的な広がりをもった発生源であるため負荷状況の把握が困難であり、その精度を向上させる必要がある。また、対策ごとの効果を適切に把握し負荷削減効果を定量的に評価する必要がある。一方、各地域で肥料や農薬を削減するための土壌診断や施肥基準等に基づく施肥の適正化の取り組みや技術開発が行われているが、そのような個別技術が地下水の水質改善にどの程度貢献し得るかを実証した研究は少ない。その理由として、肥料削減の効果が地下水・河川の水質に反映されるまでに、数年以上の時間遅れが生じることや、施肥の削減前に土壌中に蓄積された窒素分の影響が指摘されている。

### (2) 畜産系

#### ① 家畜排せつ物

家畜排せつ物は有機資材として適正に堆肥化された後、農耕地や牧草地等に施肥され、窒素分の多くは農作物や牧草等に吸収されることによって窒素資源の循環が図られる。一部は溶脱して地下水に流入する。しかし、堆肥や液肥等の過剰施肥等によって地下水の硝酸性窒素汚染の原因となる可能性が考えられる。

堆肥として土壌に散布する家畜排せつ物について、①排せつ物が飛散・流出、悪臭の発生、周辺の地下水汚染等生活環境の保全上の支障が生ずるおそれがある場合、②農地等において必要とされる肥料分量を明らかに超過して排せつ物を散布している場合（農林水産省より公表されている施肥基準や土壌診断基準を参照。）には、当該排せつ物は産業廃棄物に該当する場合がある。

家畜排せつ物の廃棄物該当性については、その物の性状、排出の状況、通常取引形態、取引価値の有無及び占有者の意思等を総合的に勘案して判断することとなり、廃棄物と判断される場合には、廃棄物処理法に従って適正に処理する必要がある。

#### ② 家畜排せつ物における課題

家畜排せつ物法により、家畜排せつ物の処理・保管施設の構造基準や管理方法を定めた管理基準に則して、家畜排せつ物の管理が行われている。家畜排せつ物は、堆肥化により、土壌改良資材や肥料としての有効活用が期待されるものであるが、十分な堆肥の利用先が確保できなければ、過剰施肥のおそれがあり、耕畜連携による堆肥の広域流通利用等、家畜排せつ物の発生量に応じた堆肥の利用先の確保が課題である。

また、家畜排せつ物は土壌中での分解が緩速であることから、家畜排せつ物法施行以前の素掘り等の処理が行われた跡地から現在も負荷がある可能性が指摘されている。

### (3) 生活系

#### ① 生活系排水

未処理の生活排水が公共用水域に排出される過程で地下浸透し、地下水の硝酸性窒素汚染の原因になる場合がある。また、単独処理浄化槽からの排水の地下浸透処理等が原因になる場合もある。小規模の地下浸透処理は地下水中での混合・希釈を期待できる。

また、生活系の汚水が地下浸透した場合、アンモニア性窒素は生物分解を受けて硝酸性窒素や亜硝酸性窒素に酸化されるが、そのような変化を行っても抜本的な対策を行ったことにはならないので、栄養塩類の除去機能を持つ高度処理浄化槽の整備等、生物学的硝化・脱窒が適切に行われる処理システムの普及が必要である。

#### ② 生活系排水の課題

地下水の硝酸性窒素汚染の原因として生活系排水が挙げられる場合、周辺の状況を調査して他に原因となる要因が見当たらない場合、生活系排水を原因として取り上げる場合があるが、実証された事例は殆どない。都市域で殆どの地表面が舗装されており、農業系・畜産系による原因ではないことが明らかな場合は、他の汚染源について検討が必要である。

### (4) 産業系

全般的に、工場や事業場での窒素の使用については、表面洗浄に硝酸を用いる金属・機械製造業など、主として酸化型窒素を用いる場合と、原料にタンパク質を含む食品製造業など、還元型窒素を用いる場合があり、この窒素の酸化還元タイプにより排水処理方法が大きく異なる。産業系からの環境負荷削減対策の実施に当たっては、インプット対策（原材料、副原料、薬品等の検討）とプロセス対策（作業工程の改善）を十分に行い、非意図的な地下浸透の防止と、排水処理対策を行うことが重要である。

#### ① 硝酸性窒素等に係る排水基準

硝酸性窒素等について、平成 13 年に一律排水基準（100mg/L（水環境中のアンモニア性窒素の硝化のメカニズムを考慮し、アンモニア性窒素については転換係数 0.4 を掛けた上で、硝酸性窒素、亜硝酸性窒素及びアンモニア性窒素の総和を 100 とする））が設定された。その際、40 業種については直ちにこれに対応することが困難であるとして、3 年間の期限で暫定排水基準を設定した。その後、3 年ごとに暫定排水基準の見直しを実施し、一般排水基準への移行を進めており、平成 22 年 7 月の見直しにより、平成 25 年 6 月末までの期限で 15 業種について暫定排水基準が設定された。平成 25 年 7 月以降については、引き続き 3 年間の期限として暫定排水基準が 13 業種について設定されており、平成 28 年 7 月以降については、見直される予定である。



平成 28 年 3 月現在、畜産分野（畜産業）、工業分野（貴金属製造・再生業、電気めっき業、酸化コバルト製造業、ジルコニウム化合物製造業、モリブデン化合物製造業・バナジウム化合物製造業）、下水道業等について暫定基準が設定されている。

また、下水道法では下水道法上の特定施設から公共下水道又は流域下水道に排除される下水についての水質規制を下水道管理者が条例で定める場合、硝酸性窒素、亜硝酸性窒素及びアンモニア性窒素の含有量に関する排除基準を追加している。

## ② 産業系排水の課題

地下水汚染の原因である工場・事業場を特定又は推定することは極めて困難である。周辺の状況から、農業系、畜産系、生活系の要因が考えられないときに工場・事業場が原因として考えることになるが、原材料や製造プロセス、地下浸透防止対策の状況や施設管理の状況等を調査して特定しなければならないので、工場・事業者の協力が前提となる。

#### 4.3. 硝酸性窒素等に係る主な負荷源対策

表4.3-1に、これまでの知見を整理して得られた硝酸性窒素汚染対策のメニューを示す。

表4.3-1 硝酸性窒素汚染対策の主なメニュー

1. 窒素負荷低減策（窒素インプット量の低減）	
1.1 農業系における対策	
1) 施肥量の抑制	【対策促進策】
(1) 施肥基準や土壌診断等に基づく適正施肥等を実施する環境保全型農業の推進	<ul style="list-style-type: none"> <li>・啓発活動の継続</li> <li>・インセンティブの付与</li> <li>・施肥基準体系と硝酸性窒素汚染との関連付け</li> <li>・改善技術の効果の評価（収量・品質、営農面）</li> <li>・効果进行评估し、継続するための仕組みの構築</li> </ul>
2) 施肥技術の改善	
(1) 肥料流亡の抑制	<ul style="list-style-type: none"> <li>・肥料流亡抑制を目的とした施肥方法の開発</li> <li>・啓発活動の継続</li> <li>・改善技術の効果の評価（収量・品質、営農面）</li> </ul>
(2) 局所施肥技術の導入	<ul style="list-style-type: none"> <li>・啓発活動の継続</li> <li>・改善技術の効果の評価（収量・品質、営農面）</li> <li>・効果进行评估し、継続するための仕組みの構築</li> </ul>
(3) 肥効調節型肥料の活用	・同上
1.2 畜産系における対策	
1) 地域内過剰窒素の抑制	
(1) 堆肥利用の促進	<ul style="list-style-type: none"> <li>・啓発活動の継続</li> <li>・作業性、安全性の確保</li> <li>・在庫、需要供給量情報の提供</li> <li>・改善技術の効果の評価（収量・品質、営農面）</li> <li>・効果进行评估し、継続するための仕組みの構築</li> </ul>
(2) 他分野への利用促進	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地域ぐるみでの理解の促進と利用の普及・促進</li> <li>・行政、受益農家、その他関係者間による組織での運営</li> <li>・他分野用途開発への支援、助成等</li> </ul>
1.3 生活排水対策	
1) 汚水処理人口普及率の向上	<ul style="list-style-type: none"> <li>・公共下水道、農業集落排水への接続促進</li> <li>・コミュニティプラント、合併浄化槽の設置</li> <li>・所管官庁/部署との連携を図り、既存制度への地下水汚染対策要件の組み込み</li> </ul>
2. 窒素負荷影響の低減（窒素取出し量の増加）	
2.1 作付け体系の見直し	
1) 輪作・緑肥の活用	<ul style="list-style-type: none"> <li>・啓発活動の継続</li> <li>・インセンティブの付与</li> <li>・作付け体系の見直し</li> <li>・改善技術の効果の評価（収量・品質、営農面）</li> <li>・効果进行评估し、継続するための仕組みの構築</li> </ul>
2.2 地形や土地利用形態を利用した自然浄化の活用	
1) 水田・休耕田の活用	<ul style="list-style-type: none"> <li>・啓発活動の継続</li> <li>・インセンティブの付与</li> <li>・改善技術の効果の評価（収量・品質、営農面）</li> <li>・効果进行评估し、継続するための仕組みの構築</li> </ul>
2) 湿地・湧水地の活用	・同上

表4.3-2に、主な負荷源対策に関して、その特徴、長所・短所、コスト等について定性的に評価し、取りまとめた。

表4.3-2 主な負荷源対策の整理

項目	施肥対策	家畜排せつ物対策			生活排水対策
		堆肥化	バイオガス化	産業廃棄物としての処理	
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>都道府県等が策定する「施肥基準」、「減肥基準」等は、過剰施肥の回避に資する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>家畜排せつ物法により堆肥化施設が設置されており、排せつ物の堆肥化を行う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>家畜排せつ物をメタン発酵させ、メタンガスを回収し、エネルギーとする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>焼却</li> <li>下水処理</li> <li>炭化/再利用等の通常の排水・廃棄物処理体系による処理が可能である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>合併処理浄化槽等により、生活排水を処理し、表流水を改善することにより、窒素の地下浸透を改善する。</li> </ul>
長所	<ul style="list-style-type: none"> <li>施肥量の適正化による肥料コストの低減が可能である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>堆肥を施用できる農耕地や牧草地が確保されている場合は、資源循環が可能である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>バイオガスによる発電等、再生エネルギー利用ができる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>人口が減少している地域では、下水処理施設や焼却施設の利活用が可能である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>河川水や湖沼水の硝酸性窒素汚染が顕著な地域では、効果が得られやすい。</li> </ul>
短所	<ul style="list-style-type: none"> <li>最適施肥量は、土壌条件や気象条件によって異なることから「施肥基準」等の基準は、画一的な運用になじまない性格のものであり、柔軟できめ細かな対応が求められる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>十分な農耕地や牧草地が確保できない場合は、過剰施肥となって地下水汚染のおそれがある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>メタン発酵に伴って発生する消化液の有効活用が困難である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>既存施設への接続、運搬等の課題がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>高度処理型の浄化槽施設が必要である。</li> </ul>
コスト	<ul style="list-style-type: none"> <li>土壌診断に係るコストが発生するが、肥料コストの低減が可能である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>堆肥を施用できる農耕地や牧草地の確保が困難な場合、広域流通を行おうとすると、運送代等のコストが発生する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>プラントの建設費用と運転費用が多めで、売電したとしても回収が困難である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>輸送費や処理費用の負担配分設定の課題がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>公共下水道のような集中処理と、浄化槽による分散処理を最適に組み合わせることにより、地域の排水処理のコストを最適化できる。</li> </ul>

## (1) 農業系における対策

施肥対策を適切に進めるため、関連施策として、以下の法制度等が実施されている。

### 1) 持続性の高い農業生産方式の導入の促進に関する法律（「持続農業法」平成11年10月施行）

#### ① 趣旨

全国的に、堆肥等による土づくりと化学肥料・化学合成農薬の使用の低減を一体的に行う「持続性の高い農業生産方式」の導入を促進する措置を講じ、環境と調和のとれた持続的な農業生産の確保を図る。

#### ② 持続性の高い農業生産方式の導入計画

- 農業者が、都道府県の作成した持続性の高い農業生産方式の導入指針に基づき、
  - ア. 土づくり技術（堆肥等の有機質資材の施用）
  - イ. 化学肥料の使用低減技術（局所施肥、有機質肥料の施用等）
  - ウ. 化学合成農薬の使用低減技術（機械除草、生物農薬の利用、マルチ栽培等）の3技術すべてに取り組むことを内容とする持続性の高い農業生産方式の導入計画を作成
- 都道府県知事が導入計画を認定（認定を受けた農業者：エコファーマー）

#### ③ 支援策

持続性の高い農業生産方式を導入する農業者に対する支援措置

- 導入計画の認定を受けた農業者に対する農業改良資金(環境保全型農業導入資金(無利子資金))の貸付けに関する特例措置  
(償還期間の延長(10年(内据え置き期間3年)→12年(同3年))

#### ④ 施行状況

##### ア. エコファーマー認定件数

- エコファーマーの認定件数は、近年農家数の減少等により減少傾向で推移しており、平成27(2015)年3月末時点で16万6千件となっている(図4.3-1参照)。

##### イ. 化学肥料の使用実態

- 環境保全型農業の取組みの増加に伴い単位面積当たりの化学肥料施用量は減少傾向で推移している(図4.3-2、図4.3-3参照)。
- 国内の化学肥料の平均施用量は、259kg/ha(窒素、リン酸、カリウムの計、図4.3-3左図参照)で、諸外国とほぼ同程度あるが、農薬の使用量は我が国の気象条件により諸外国に比べ、11.6kg/ha(図4.3-3右図参照)と高い水準にある。

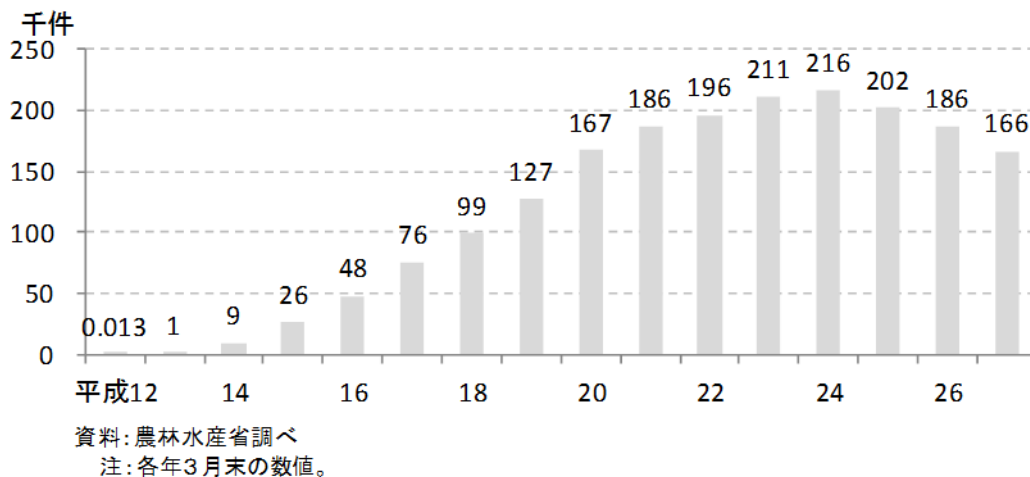
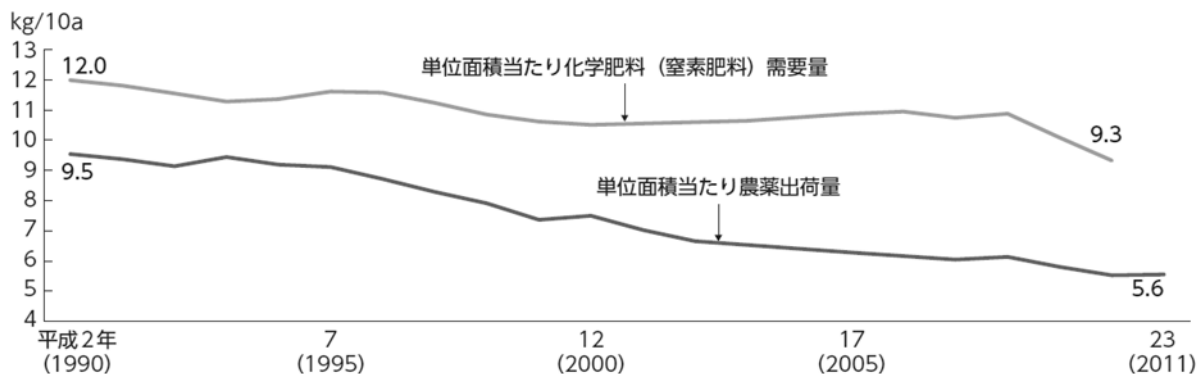


図 4. 3 - 1 エコファーマーの認定件数の推移

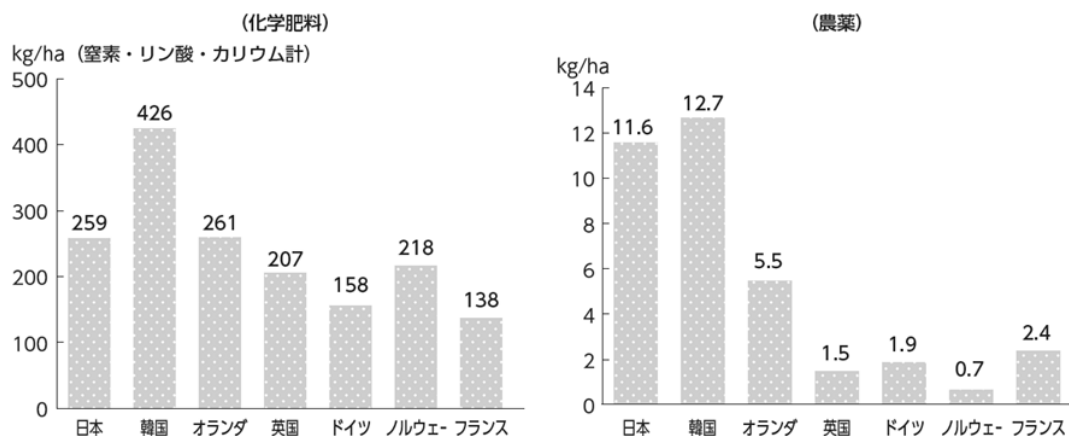
(出典：平成 26 年度 食料・農業・農村白書 (平成 27 年 5 月 26 日公表))



資料：農林水産省「耕地及び作付面積統計」、農林統計協会「ポケット肥料要覧」、(財)日本植物防疫協会「農薬要覧」を基に農林水産省で作成  
注：農薬出荷量は農業年度(前年10月～当該年9月)、窒素肥料需要量は肥料年度(当該年7月～翌年6月)。単位面積当たり化学肥料(窒素肥料)需要量は、前年度の肥料需要量/当年度の作付延べ面積の3か年移動平均。

図 4. 3 - 2 単位面積当たりの化学肥料需要量、農薬出荷量の推移

(出典：平成 25 年度 食料・農業・農村白書 (平成 26 年 5 月 27 日公表))



資料：FAO「Statistical Yearbook 2010」、OECD「OECD Environmental Performance Reviews JAPAN 2010」を基に農林水産省で作成  
注：肥料は平成20(2008)年、農薬は平成18(2006)年の値。

図 4. 3 - 3 単位面積当たりの化学肥料、農薬使用量の国際比較

(出典：平成 25 年度 食料・農業・農村白書 (平成 26 年 5 月 27 日公表))

## (2) 施肥基準等

適正な施肥のため、都道府県が次のような技術的資料を策定している（都道府県により名称は異なる。また、土壌診断基準値と減肥基準については、策定していない都道府県がある）。

- 施肥基準

ある作物を栽培する際に必要な施肥の時期や量の目安を調べる際等に利用。

- 土壌診断基準値

土壌分析の結果から、自分の圃場の状態を把握する際等に利用。

- 減肥基準

圃場に肥料成分が過剰に蓄積しており、作物の収量・品質に影響のない範囲で施肥量を調節する際等に利用。

施肥に当っては、「施肥基準」を目安として行うほか、定期的に土壌分析を行い、その結果を「土壌診断基準値」と照らし合わせて圃場の状態を把握するとともに、圃場に肥料成分が過剰に蓄積している場合には、「減肥基準」を参考に肥料の種類や施肥量を見直すことが重要とされている。

また、都道府県の施肥基準には、必要な施肥量や施肥の時期だけではなく、施肥に関する基本知識や、より効率的に施肥を行うための技術等も記載されており、取組みを進める上で参考となる内容となっている。

## (3) 有機農業の推進に関する法律（「有機農業推進法」平成 18 年 12 月施行）

### ① 概要

有機農業の推進に関し、基本理念を定め、国及び地方公共団体の責務を明らかにするとともに、有機農業の推進に関する施策の基本となる事項を定めることにより、有機農業の推進に関する施策を総合的に講じ、もって有機農業の発展を図ることを目的とする。

国や地方公共団体の責務や、農林水産大臣による有機農業の推進に関する基本的な方針の策定、都道府県における推進計画の策定、有機農業者等への支援、技術開発等の促進、消費者の理解と関心の増進、有機農業者と消費者の相互理解の増進、調査の実施、有機農業者等の意見の反映について定められている。

### ② 有機農業推進のための支援策

#### ア. 全国段階での有機農業拡大支援

有機農業の一層の拡大を図るため、有機農業技術の確立・普及、安定供給の確保、消費者理解の促進等を図る。

#### イ. 有機農業に取組む産地の支援

有機農業に取組む産地の供給力拡大のための安定供給力強化や栽培技術の確立・普及等を支援する。

#### ウ. 環境保全型農業直接支払

平成 23 年度から、化学肥料及び化学合成農薬を原則 5 割以上低減する取組と合わせて行う地球温暖化防止や生物多様性保全に効果の高い営農活動に取り組む農業者の組織する団体等に対して支援を行う。

#### (4) 環境保全型農業直接支払交付金

##### ① 概要

化学肥料及び化学合成農薬を原則 5 割以上低減する取組と合わせて、地球温暖化防止や生物多様性保全に効果の高い営農活動に取り組む農業者の組織する団体等を支援することを目的として、平成 23 年度から実施している。

平成 27 年度からは、農業・農村の有する多面的機能の維持・発揮を図るため、「農業の有する多面的機能の発揮の促進に関する法律」に基づく制度として実施している。

##### ② 支援内容

###### ア. 対象者

農業者の組織する団体、一定の条件を満たす農業者等

###### イ. 支援対象活動

化学肥料及び化学合成農薬を原則 5 割以上低減する取組みと合わせて行う地球温暖化防止や生物多様性保全に効果の高い営農活動に取り組む場合に支援を行う。その対象となる活動には全国共通取組と地域特認取組がある。

###### a. 全国共通取組

地球温暖化防止に効果の高い営農活動として「カバークロップ（緑肥）の作付け」、「炭素貯留効果の高い堆肥の水質保全に資する施用」、生物多様性保全に効果の高い営農活動として「有機農業」を支援する。

###### b. 地域特認取組

地域の環境や農業の実態を勘案した上で都道府県が申請を行い、地域を限定して支援の対象とする取組。取組例としては、「IPM（総合的病害虫・雑草管理）」や「冬期湛水管理」等がある。

###### ウ. 交付単価

全国共通取組と地域特認取組のそれぞれの交付単価は以下のとおりである。

全国 共通 取組	対象取組	支援単価 <sup>(注1)</sup>
	カバークロップ（緑肥）の作付け	8,000円/10a
	堆肥の施用 <sup>(注2、3)</sup>	4,400円/10a
	有機農業 (うちそば等雑穀・飼料作物)	8,000円/10a (3,000円/10a)
地域特認取組 * 対象取組や支援単価は、承認を受けた都道府県により異なる。		3,000～8,000円/10a

注1 支援単価は、国と地方公共団体が 1 : 1 の負担割合で。

注2 堆肥の施用は「炭素貯留効果の高い堆肥の水質保全に資する施用」のこと

注3 堆肥の施用については、都道府県によって支援単価が異なる場合がある。

### ③ 取組状況（平成 27 年度）

環境保全型農業直接支払交付金の平成 27 年度の取組状況は（見込み）、実施件数及び実施面積とも、平成 23 年度の制度開始から年々拡大傾向で推移している。

#### 環境保全型農業直接支払交付金の実施状況

年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度 （見込み）
実施件数（件）	6,622	12,985	15,240	15,920	4,097
実施面積（ha）	17,009	41,439	51,114	57,744	76,863
実施市町村数	773	885	918	931	872

※平成 27 年度は平成 28 年 1 月末現在の概数値

※平成 27 年度の実施件数が大きく減少しているのは、平成 27 年度より本交付金の支援対象者の要件を「農業者個人」から「農業者の組織する団体等」に変更した事による。

（出典：農林水産省「平成 27 年度日本型と直接支払の取組状況」（平成 28 年 3 月）等



## 施肥対策の成功事例（岐阜県各務原市）

各務原市では1971年～1973年頃に市の北東部や北西部で大規模住宅団地開発が行われた。これにより水道使用量が急速に増加し、市は上水道の拡張事業を急いで進めた。

市の上水道水源はすべて地下水によってまかなわれており、その取水箇所は、市の西側地区に集中していた。

大規模住宅団地開発の進む東側地区にも水源を設置し給水する計画が作られ、1974年には水源井戸の掘削が始められたが、掘削した井戸から汲み上げられた地下水には、上水道の飲料適否基準の10mg/Lを遙かに超える27.5mg/Lの硝酸性窒素が検出された。

市では市内全域の井戸分布を把握するための現地調査を行い、440の井戸を確認した結果、市東部の広範囲で高濃度となっていることが判明した。さらに、1979年に大学を主体とする研究グループの成果報告が行われ、「各務原市東部の硝酸性窒素による地下水汚染の主な原因は、市の基幹農業であるニンジン栽培への過剰施肥である」との報告がなされた。

農業関係者の中にはこの報告に懐疑的な見方をされる人もいたが、その後の研究成果を踏まえた1986年の報告で「表層土壌中で、肥料の成分が硝酸性窒素になる可能性が高いこと、畑作土壌中の硝酸蓄積状況から、硝酸の地下水への溶脱のメカニズムが明らかにされる」に至り、過剰施肥が主因である事が明確に検証されることとなった。

1986年に市は地下水汚染問題の解決に向けて多くの分野の専門家と市による新たな委員会を設置した。

ここでは、地下水汚染の将来予測、その具体的な対策の提案とその実施が基本目標とされ、さらに詳しい地下地質構造の解明・帯水層の水理条件・地下水の流動・地下水涵養に関する調査、汚染物質の垂直濃度や拡散に関する調査、肥料成分に関する調査、窒素肥料の施肥改善に関する調査、地下水汚染の将来予測に関するシミュレーション調査等が精力的に行われた<sup>(4)</sup>。

1990年から行われた実証実験では、これまでニンジン栽培には10アール当たり28～30kgと多くの窒素を使用していたが、その量を12kgに減らしても収穫が上がる事が確認された。それから農業者の努力により、徐々に施肥量を減らし、地下水の硝酸性窒素濃度も30mg/L以上が20mg/Lと次第に低減された。

しかし、対策をして20年以上たった2014年でも、硝酸性窒素濃度が10～15mg/Lの部分が一部にまだ残っており、一度汚れた地下水はすぐにはきれいにならないことも示している（岐阜県、各務原市提供資料より。次頁グラフ参照）。

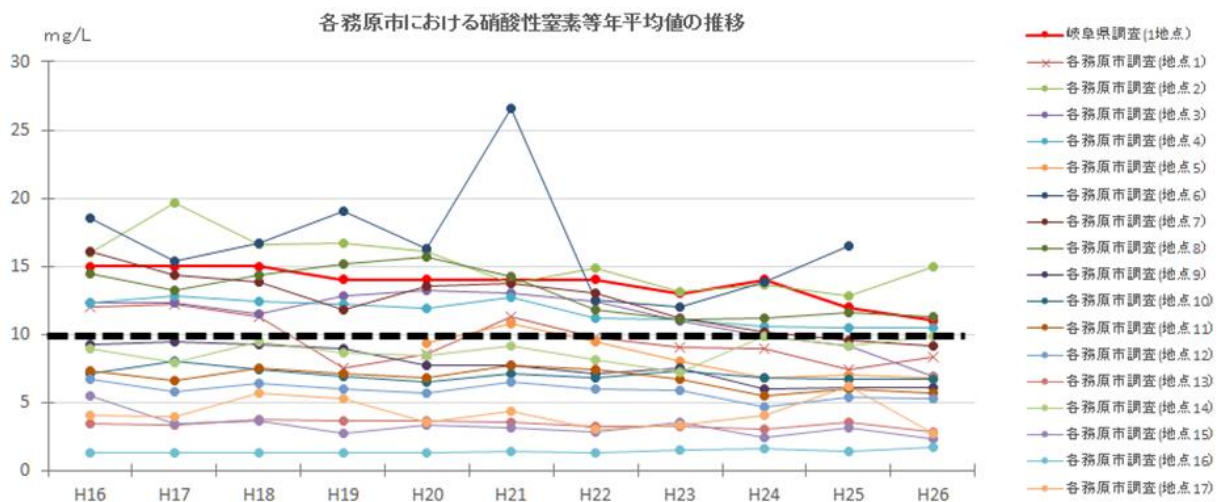
<sup>(4)</sup> 日本地下水学会ホームページ掲載のコラム

第2話「よみがえる地下水－1（岐阜県各務原市の地下水）」

<http://www.jagh.jp/content/shimin/images/column/column002.pdf>

第3話「よみがえる地下水－2（岐阜県各務原市の地下水）」

<http://www.jagh.jp/content/shimin/images/column/column003.pdf>



### 施肥対策の成功事例（山形県）

平成 13 年に山形県東根市神町地区・天童市河原子地区で汚染が判明し、同年 8～12 月に計 58 地点で汚染井戸周辺地区調査を実施した。平成 14 年 6 月に年 4 回の継続監視調査を開始した。また、農林水産担当部局、環境担当部局、生活衛生部局等からなる硝酸性窒素対策連絡調整会議（以下、連絡調整会議と略す）を設置した。平成 14 年 8 月に汚染井戸周辺地区調査に 5 地点を追加した。

これらのモニタリング調査結果を受けて、平成 14 年 10 月に第 1 回連絡調整会議を開催し、負荷量調査、原因究明調査等の作業を開始した。平成 15 年 3 月に連絡調整会議を開催し、原因究明調査の結果を報告した。原因究明調査の結果、生活排水と農業施肥の負荷量が大きいことが判明し、連絡調整会議内に農業施肥部会、生活排水部会を設置した。

平成 17 年 3 月に「硝酸性窒素対策削減計画」を策定した。なお、平成 14 年以降、連絡調整会議とは別に、毎年、山形県地下水技術検討会を開催しており、対策等について専門家の助言を得て対策を進めている。

#### 対策地域の概要

- 人口 (H16末) : 約 1.1 万人
- 生活排水処理普及状況:
  - 単独浄化槽; 約 3 千人 (雑排水 + し尿)
  - 汲み取り; 約 4.7 千人 (雑排水)
- 対象地面積: 2,745ha (耕地面積 1,376ha ; 50.1%)
- 耕地面積内訳
  - 果樹; 73%、水稲; 20%、野菜; 6%
- 果樹 73% のうち、リンゴ 31%、さくらんぼ 24%
- 畜産: 乳牛 250 頭、肉牛 612 頭、豚 400 頭 (約 20 軒)

#### 硝酸性窒素対策連絡調整会議

- 設置年月日: 平成 14 年 6 月 13 日
- 目的: 地下水汚染の現状把握、問題点の整理、窒素負荷低減対策
- 事務局: 村山総合支庁環境課
- 構成委員:
  - (設立当時) 県及び市の関係各課 (農林、生活衛生、環境)、地環研
  - (現在) 県及び市の建設部局、農試、園試、JA が追加
- 部会: 生活排水部会、農業施肥部会

## 負荷量調査

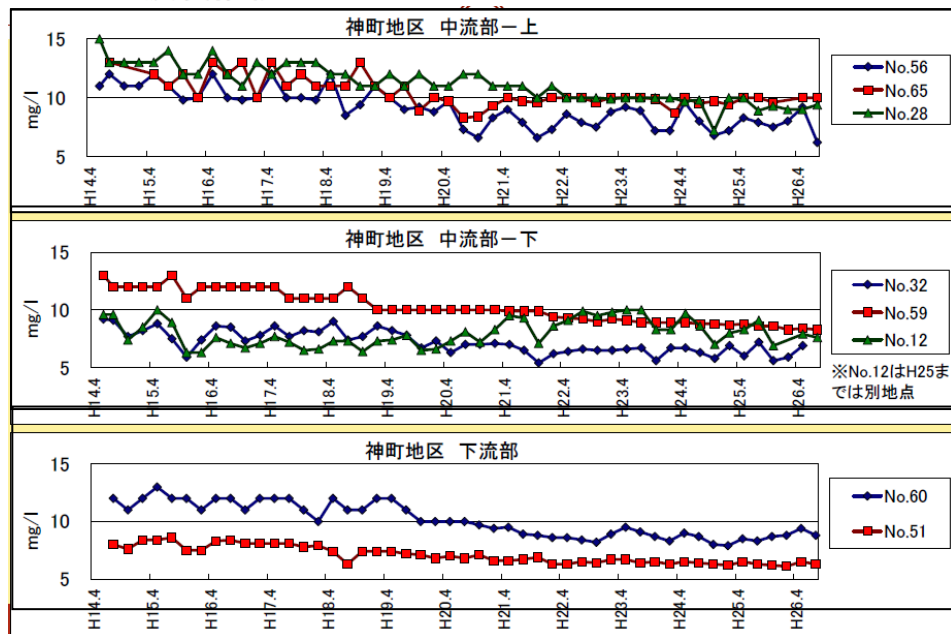
生活排水	窒素供給量	割合(%)	
生活系	22.18	38.32	
事業系	7.88		
施肥	窒素供給量	割合(%)	種類
さくらんぼ	12.62	41.63	堆肥
りんご	9.98		有機質肥料
その他の果樹	6.61		有機入り化成肥料
その他(野菜、たばこ)	3.43		化成肥料
畜産	窒素供給量	割合(%)	窒素供給量＝ (人口、作付面積、頭数、など) ×原単位×溶脱率
乳牛、肉牛、豚	2.82	3.60	
自然由来	窒素供給量	割合(%)	
湿性降下物	5.27	16.45	
乾性降下物	7.57		

## 対策の概要(削減計画)

- 適正施肥の実施  
施肥量の実態把握 → 施肥基準超過への指導
- エコファーマーの認定の推進
- 生活排水処理率の向上(下水道の普及)  
H15(実績);24.5% → H27(目標);53.6%
- 家畜排せつ物の適正処理の推進



## 濃度推移



対策の結果、基準を超過していた井戸での硝酸性窒素の濃度は対策開始後5～6年で基準を達成した。

(出典：環境省「地下水流域窒素管理推進ワークショップ(山形県講演資料)」平成26年1月)

(2) 畜産系における対策（家畜排せつ物対策）

家畜排せつ物対策は、以下に示すとおりである。

1) 家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律（「家畜排せつ物法」平成 11 年施行）

① 概要

ア. 法制度の概要

野積み・素掘りを解消し家畜排せつ物の管理（処理や保管）の適正化を図りつつ、家畜排せつ物の利用促進を図ることにより、健全な畜産業の発展に資する目的で、平成 11 年公布された。この法律では、法律の施行日から 5 年間について、法律に関する一部の規定の適用が猶予されていたが、平成 16 年 11 月 1 日に本格施行（すべての規定が適用）されている。

家畜排せつ物法の基本的枠組みを図 4. 3-4 に示す。

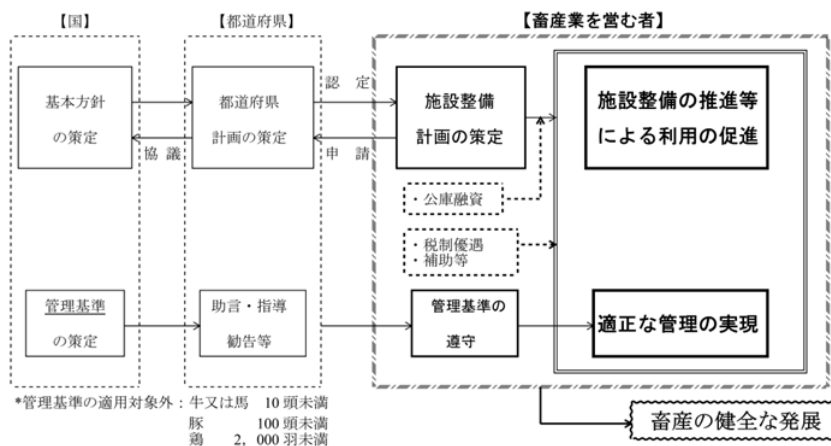


図 4. 3-4 家畜排せつ物法の基本的枠組み

(出典：農林水産省ホームページ掲載資料)

イ. 畜産排せつ物の発生状況

畜産排せつ物発生量の推移及び畜種別に見た排せつ物発生量の推移を図 4. 3-5、表 4. 3-3 に示す。

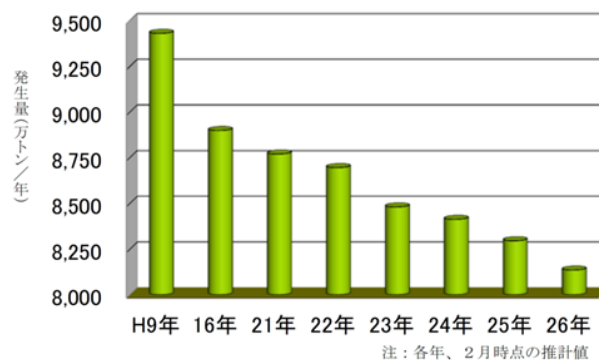


図 4. 3-5 家畜排せつ物発生量の推移

(出典：畜産環境をめぐる情勢, 農林水産省生産局畜産部畜産企画課畜産環境・経営安定対策室, 平成 27 年 7 月)

表 4. 3 - 3 畜種別に見た家畜排せつ物発生量（単位：万トン）

畜種	発生量
乳用牛	約2,295
肉用牛	約2,373
豚	約2,203
採卵鶏	約 746
ブロイラー	約 517
合計	約8,135

注)平成26年畜産統計などから推計

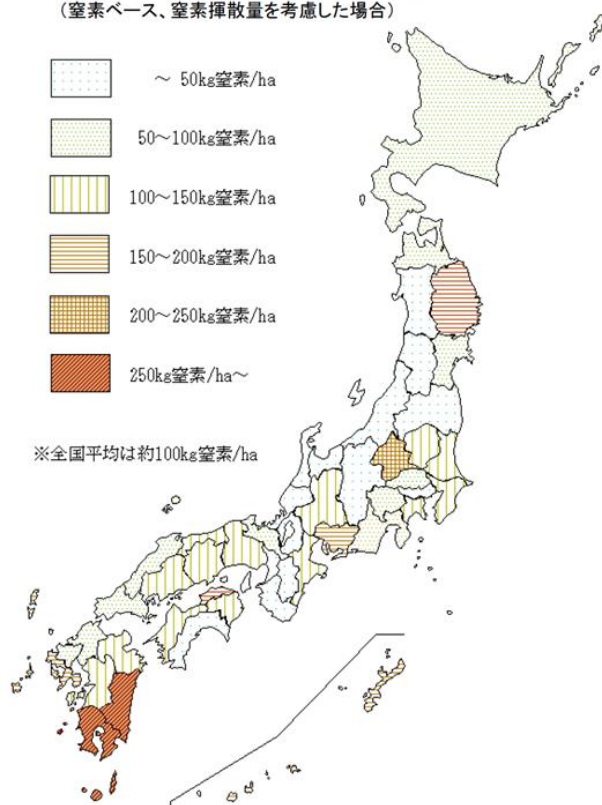
(出典：図 4. 3 - 5 と同じ)

図 4. 3 - 6 に耕地面積当たりの家畜排せつ物発生量を示す。

排せつ物発生量は都道府県間で大きな格差があり、特に、南九州等一部の畜産地帯では、他地域に比べ相対的に耕地面積当たりの家畜排せつ物発生量が大きい。

このことから、これらの地域では、家畜排せつ物を農地還元以外に利用する高度利用の促進、耕畜連携による地域を越えた広域利用の推進等の取組みも重要とされている。

○耕地面積当たりの家畜排せつ物発生量  
(窒素ベース、窒素揮散量を考慮した場合)



資料：畜産統計、耕地及び作物面積統計(平成24年)等を基に畜産企画課で作成  
注：畜舎内での窒素揮散量を考慮した数値である。

図 4. 3 - 6 耕地面積当たりの家畜排せつ物発生量

(窒素ベース、窒素揮散量を考慮した場合)

(出典：図 4. 3 - 5 と同じ)

## ② 家畜排せつ物の管理の適正化のための措置

### ア. 管理基準の遵守

管理基準の具体的な内容は、次に示すとおりである。

- 家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律施行規則（以下「施行規則」という。）第1条第1項第1号 堆肥舎その他の家畜排せつ物の処理又は保管の用に供する施設（以下「管理施設」という。）の構造設備に関する基準
  - イ. 固形状の家畜排せつ物の管理施設は、床を不浸透性材料（コンクリート等汚水が浸透しないものをいう。以下同じ。）で築造し、適当な覆い及び側壁を設けること。
  - ロ. 液状の家畜排せつ物の管理施設は、不浸透性材料で築造した貯留槽とすること。
- 施行規則第1条第1項第2号 家畜排せつ物の管理の方法に関する基準
  - イ. 家畜排せつ物は管理施設において管理すること。
  - ロ. 管理施設の定期的な点検を行うこと。
  - ハ. 管理施設の床、覆い、側壁又は槽に破損があるときは、遅滞なく修繕を行うこと。
  - ニ. 送風装置等を設置している場合は、当該装置の維持管理を適切に行うこと。
  - ホ. 家畜排せつ物の年間の発生量、処理の方法及び処理の方法別の数量について記録すること。

なお、牛10頭未満、豚100頭未満、鶏2,000羽未満、馬10頭未満の小規模畜産農家には管理基準は適用されない。

平成26年12月1日時点の管理基準対象農家は49,830戸（57.6%）で、管理基準対象外農家は36,621戸（42.4%）である。管理基準対象農家の99.99%が管理基準に適合している（図4.3-7参照）。

管理基準に適合していない畜産農家数は8戸であり、前回調査（平成23年12月1日時点）の10戸に比べ減少している。法に基づく行政指導である指導及び助言は8戸、勧告は2戸の畜産農家に対して実施され、命令は実施されていない。

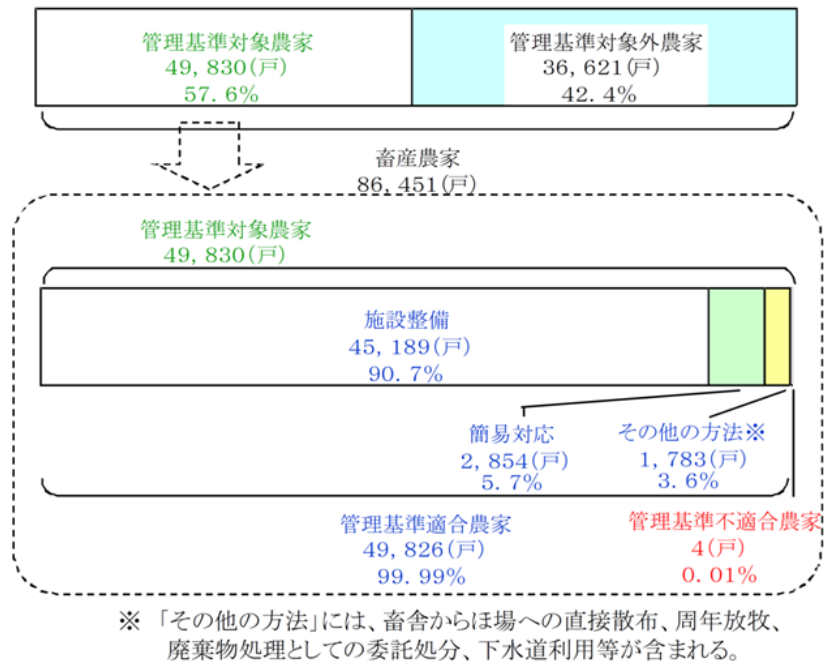


図 4.3-7 家畜排せつ物法の施行状況調査結果の概要（平成 26 年 12 月 1 日時点）

（出典：家畜排せつ物法施行状況調査結果（平成 26 年 12 月 1 日時点），農林水産省 生産局畜産部 畜産企画課畜産環境・経営安定対策室，平成 27 年 5 月 1 日公表）

「（独）農業・食品産業技術総合研究機構の平成 25 年度家畜排せつ物処理利用研究会資料（平成 25 年 11 月）」によると、平成 11 年 11 月に「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律（以下「家畜排せつ物法」という。）の施行後、野積み・素掘り等の不適正な管理が平成 11 年時点で約 900 万トン/年であったものが 5 年後の平成 16 年 12 月時点で約 100 万トン/年に減少し、発生量の約 9 割（約 8 千万トン/年）が堆肥化処理、液肥化処理等されているとしている（図 4.3-8 参照）。

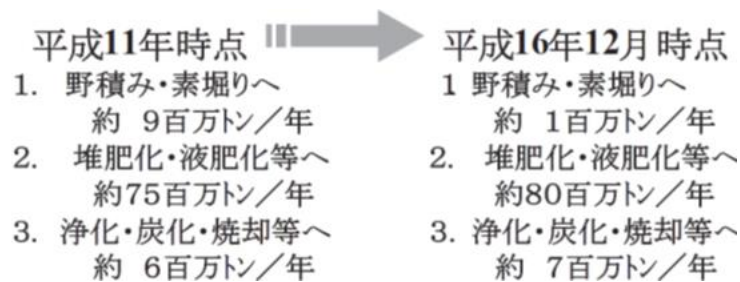


図 4.3-8 家畜排せつ物の発生と管理の状況

（出典：農林水産省ホームページ「家畜排せつ物の発生と管理の状況」  
[http://www.maff.go.jp/j/chikusan/kankyo/taisaku/t\\_mondai/02\\_kanri/](http://www.maff.go.jp/j/chikusan/kankyo/taisaku/t_mondai/02_kanri/)）

## 2) 家畜排せつ物の処理・保管方法

家畜排せつ物の管理（処理・保管）方法には、発生する家畜排せつ物の性状や処理後の利用形態に応じ、様々な方法がある。我が国の場合は、国土が狭く、都市と農村の混住化が進んでいることが背景となり、欧米では一般的で無い堆肥化処理や浄化処理が多く行われる等、諸外国に比べて多様な処理・保管方法が用いられている。

図4.3-8に我が国における家畜排せつ物の一般的な処理・保管方法を示す。

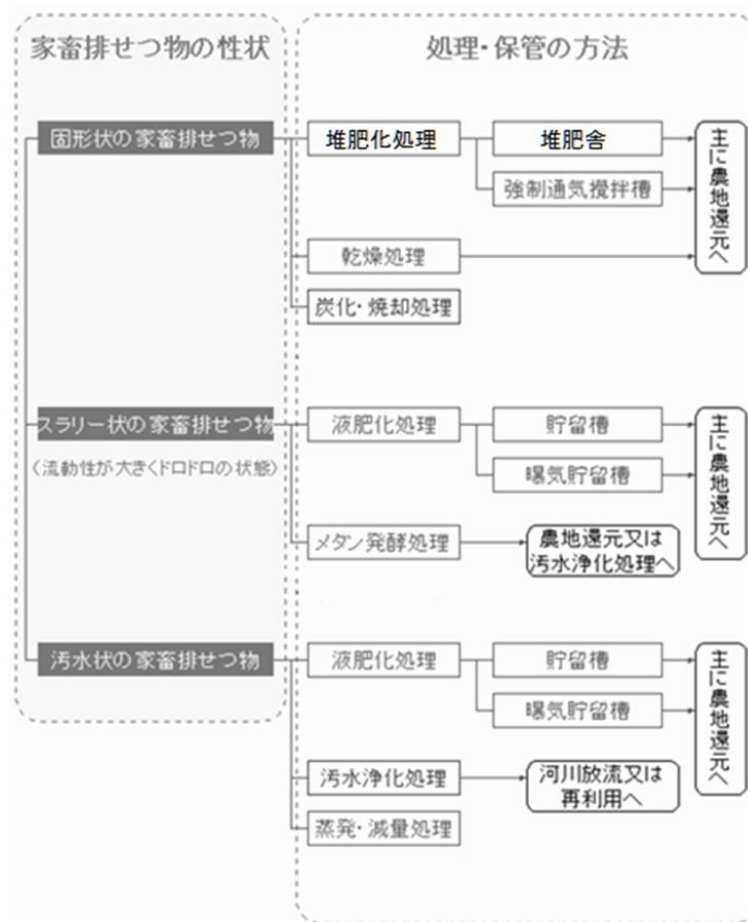


図4.3-8 我が国における家畜排せつ物の一般的な処理・保管方法

(出典：農林水産省ホームページ掲載資料, 平成26年9月採録を加工)

[http://www.maff.go.jp/j/chikusan/kankyo/taisaku/t\\_mondai/02\\_kanri/](http://www.maff.go.jp/j/chikusan/kankyo/taisaku/t_mondai/02_kanri/)

家畜排せつ物の家畜排せつ物の資源化方法には、表4.3-4に示すように、肥料利用、飼料利用、エネルギー利用、その他の利用がある。肥料利用が主要な資源化方法だが、一部エネルギー利用されているのが現状である（羽賀, 2006）。



表 4.3-4 家畜排せつ物の資源化利用の特徴

利用方法	処理方法	利用形態	効果	課題
肥料利用	堆肥化	堆肥	腐熟した有機質肥料	低揮散・高品質・ 低コスト、流通利用 流通利用 主に自家利用 実証試験段階
	乾燥	乾燥ふん	有機質肥料	
	スラリー処理 結晶化	液肥 MAP <sup>1)</sup>	有機質肥料 リン酸肥料	
飼料利用	乾燥	DPW <sup>2)</sup> など	飼料生産	消化率低い 消化率低い 実証試験段階
	サイレージ	ウエイストレージ <sup>3)</sup> など	飼料生産	
	灰化	焼却灰	飼料添加資材	
エネルギー利用	直接燃焼	温水・発電	ふんの減量、省エネ	排ガス、粉塵 タール等廃棄物 試験研究段階 エネルギー量少ない 消化液処理・利用
	熱分解	熱分解ガス	燃料生産	
	石油化	石油状物質	燃料生産	
	堆肥化	温水、温風	省エネ	
	メタン発酵	メタンガス	燃料生産	
その他の利用	炭化	炭化物	土壌改良資材など	用途拡大 試験研究段階 試験研究段階 馬ふんのみ
	培養	クロレラ、酵母など	飼料生産など	
	栽培	ミミズ、昆虫など きのこなど	飼料生産など 食料生産	

注：1) MAP: Magnesium Ammonium Phosphate の略。

2) DPW: Dried Poultry Waste の略、乾燥処理した鶏ふん。

3) ウエイストレージ: ウエイストとサイレージの造語、家畜ふんをサイレージ処理したもの。

(出典：羽賀，フードシステム研究第13巻2号，2006)

表 4.3-5 に、家畜排せつ物の処理利用方式の比較を示す。

表 4.3-5 家畜排せつ物の処理利用方式の比較

	堆肥化	炭化	焼却
適用規模	中、小規模	中規模	大規模
長所	・機械が少ない ・運転が容易 ・維持管理費が安い	・減量化率が高い ・製品の用途が広い ・長期保存が可能	・減量化率が非常に高い ・熱利用が可能
短所	・製品量が多い ・日数がかかる ・スペースが必要 ・臭気対策が必要	・燃料費がかさむ	・灰の処分が必要 ・燃料費がかさむ ・補修費がかさむ
減量化率	50～70%	80～90%	90～95%
減容化率	45～65%	55～80%	90～95%
二次公害対策	アンモニア対策必要	乾燥排ガス対策必要	排ガス対策必要
ダクト対策	不要	騒音・振動に留意 一部必要	騒音・振動に留意 必要
建設費	小	中	大
維持管理費	小	中	大
運転者資格	不要	必要	必要

(出典：(財)畜産環境整備機構「家畜排せつ物を中心とした燃焼・炭化施設に関する手引き」平成17年)

## ① 堆肥化技術

### ア. 家畜排せつ物の堆肥化技術の概要

家畜排せつ物の肥料としての利用には、含まれている窒素、リン酸、カリ等の肥料成分の利用が重要であるが、有機質（堆肥）としての価値も重視される。特に、最近では有機農業・有機農産物への関心が高いため、家畜排せつ物を高品質な堆肥化して利用することが重要とされている。

豚舎汚水は、アンモニウムイオン、リン酸イオン、マグネシウムイオンを適当なモル比で含むので、リン酸マグネシウムアンモニウム（MAP）の結晶として回収することができ、MAPの結晶化物は、肥料等のリン資源として有効利用することができる。

羽賀（2006）は、堆肥化技術は、わが国における家畜排せつ物処理・利用技術の基幹技術であるが、欧米諸国では、液状の排せつ物（液肥）利用を基幹技術としている点で大きな違いがあるとしている。

メタン発酵技術については後述するが、欧米、特にドイツでは家畜排せつ物のメタン発酵ガス化施設が多数設置されており、この要因としてメタン発酵後に生じる消化液（液肥）が有効に利用されていることが挙げられている。一方、わが国では堆肥化施設の設置数に比べて、消化液（液肥）の利用を前提とするメタン発酵施設の設置数が少ないことが指摘されている。

図4.3-9に堆肥化施設・装置の分類を示す。また、図4.3-10に用いられている方法の割合を示す。

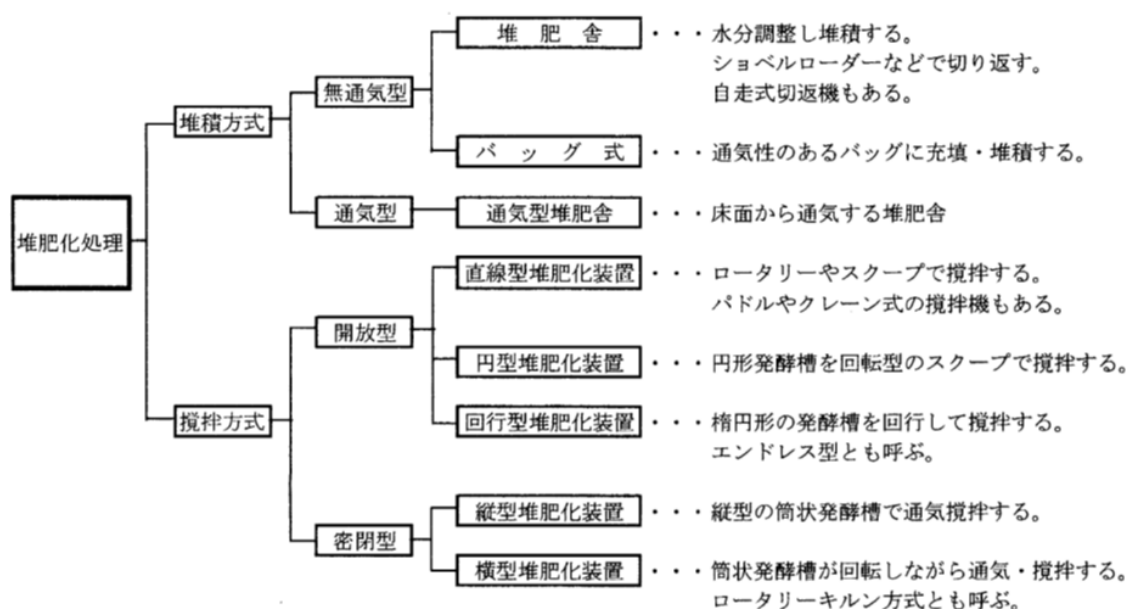


図4.3-9 堆肥化施設・装置の分類

（出典：中央畜産会，堆肥化施設設計マニュアル，2000）

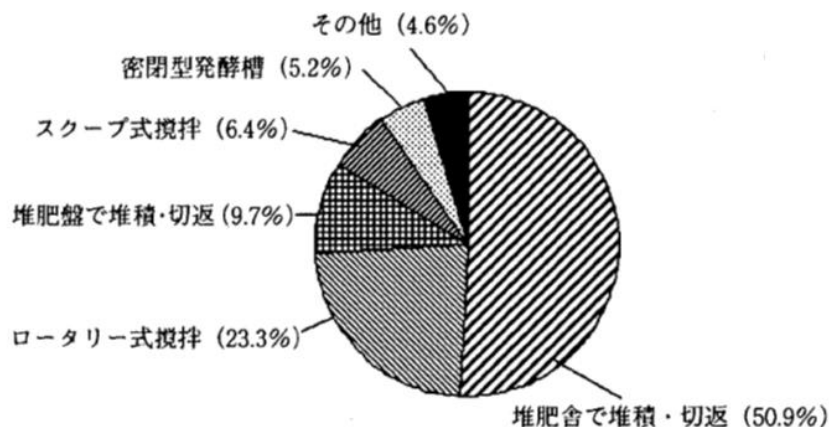


図 4. 3 - 10 用いられている堆肥化施設の種類

(出典：農林水産省, 家畜排せつ物等のたい肥化施設の設置・運営状況調査報告書, 2000)

堆肥化には、堆積方式（通気装置のあるものと無いもの）と攪拌方式の2つに分類され、攪拌方式はさらに密閉型（縦型または横型拡販装置付け）、開放型（ロータリーやスクープ等の攪拌装置付）に分類される。堆積方式がもっとも低コストであり、攪拌装置や密閉発酵槽は装備が多くなる分だけコスト高となる。

どの畜種でも堆積方式はよく利用されるが、牛ふんでは堆積型と開放型が一般的に多く、豚ふんや鶏ふんでは、開放型や密閉縦型が多い。

全国 2,326 施設の堆肥生産方法をみると、図 4. 3-10 に示すように、堆肥舎で堆積・切り返しが 50.9%、ロータリー式攪拌が 23.3%となっており、簡易で低コストな施設が志向されている。

これら施設の設置にあたっては、農林水産省は、堆肥舎等の建築コストガイドライン（表 4. 3-6 参照）を示しており、例えば、発酵舎を含む堆肥舎（500m<sup>2</sup>未満）では 37,000 円/m<sup>2</sup>である。

表 4.3-6 堆肥舎等の建築コストガイドライン（平成 27 年 2 月改定）

（単位：千円／m<sup>2</sup>・m<sup>3</sup>）

区分		単位あたりの施設整備額	
		一般地域	特別地域
堆肥舎 （発酵舎含む）	500m <sup>3</sup> 未満	37	41
	500m <sup>3</sup> 以上	35	36
屋根掛け	500m <sup>3</sup> 未満	21	24
	500m <sup>3</sup> 以上	18	21
尿貯留施設	1,000m <sup>3</sup> 未満	30	30
	1,000m <sup>3</sup> 以上	25	25
スラリータンク	2,000m <sup>3</sup> 未満	20	20
	2,000m <sup>3</sup> 以上	17	17

注)1.工事費には施設の設計費は含むが、機械類の費用は含まない。

注)2.地域区分は以下のとおりとする。

一般地域：特別地域以外の地域

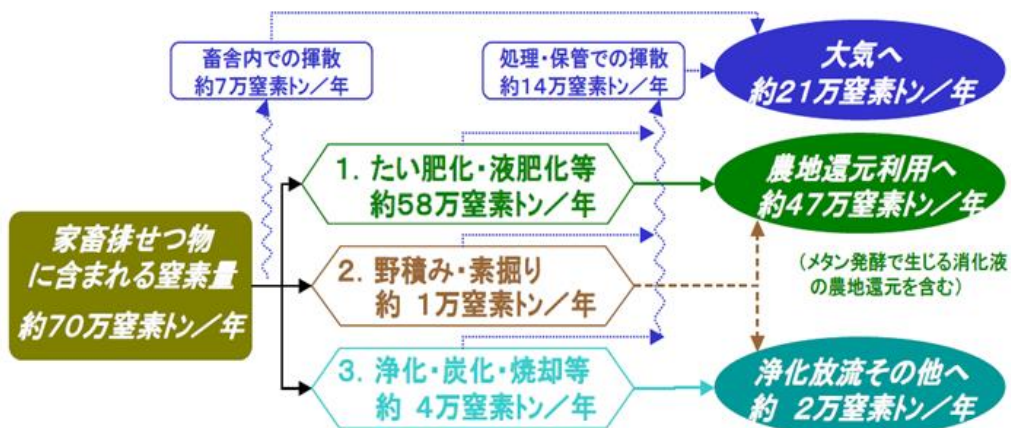
特別地域：以下のいずれかに該当する地域を言う。

- ① 豪雪地帯対策特別措置法第二条により指定された地域
- ② 離島振興法第二条により指定された地域（小笠原諸島振興開発特別措置法および奄美群島振興開発特別措置法ならびに沖縄振興特別措置法の対象地域を含む）

（出典：畜産環境をめぐる情勢、農林水産省生産局畜産部畜産企画課畜産環境・経営安定対策室，平成 27 年 7 月）

### イ. 堆肥利用の現状と課題

家畜頭羽数等のデータを基にして、全国の家畜排せつ物発生量を推定すると、窒素ベースで約 70 万 N トン/年となるが、このうち、堆肥等を経て農地に還元される量は約 47 万 N トン/年と推定されている。約 30%は、揮散等によって大気へ放出されている（図 4.3-11）。



注)平成16年時点の推計値(畜産企画課調べ)

図 4.3-11 家畜排せつ物中の窒素の流れ

（出典：畜産環境をめぐる情勢、農林水産省生産局畜産部畜産企画課畜産環境・経営安定対策室，平成 27 年 7 月）

一方、作付面積や作物の窒素利用率等のデータを基にして、全国の農地の窒素受入可能量を推定すると、約114万Nトン/年となる（化学肥料由来の窒素量約48万N/トン年を含む）（図4.3-12）。

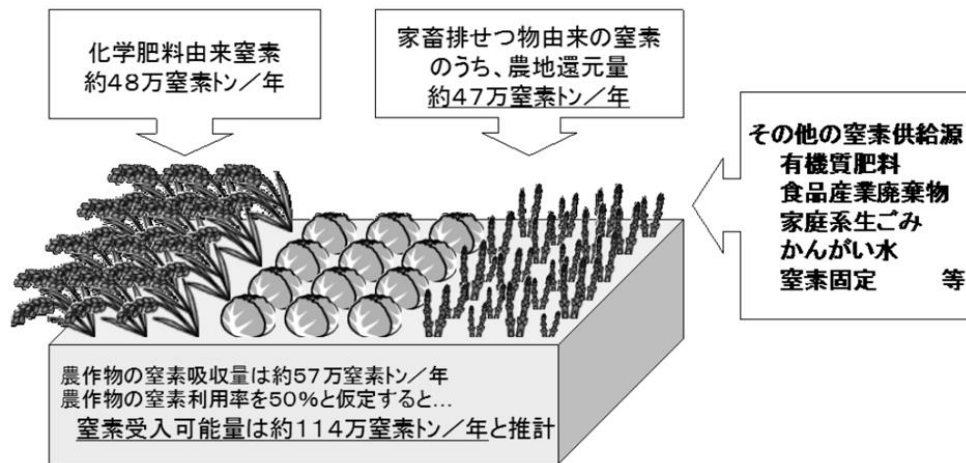


図 4. 3 - 12 家畜排せつ物中の窒素の流れ

(出典：畜産環境をめぐる情勢、農林水産省生産局畜産部畜産企画課畜産環境・経営安定対策室,平成27年7月)

また、推定された家畜排せつ物由来の農地還元量に化学肥料由来のものを加えた窒素量は、農地における受入可能な窒素量とほぼ等しいことから、全国レベルの窒素収支で考えれば、特に家畜排せつ物の窒素が過剰という状況にはないと考えられている。

しかしながら、地域別の状況を見ると、耕地面積当たりの家畜排せつ物発生量は都道府県間で大きな格差があることが指摘されている。

寶示戸ら（2003）は、2001年の都道府県別統計データを用いて、耕地に投入される窒素（化学肥料、家畜排せつ物、降雨、生物的窒素固定）と耕地から収奪された窒素（作物吸収、脱窒、アンモニア揮散）との差の窒素（余剰窒素）の全てが、降水量と蒸発散量の差の水量（余剰水量）に溶けて溶脱すると仮定して、耕地における溶脱水中の窒素濃度を試算している。結果を図4.3-13に示す。

この計算では、地域の外に搬出された家畜排せつ物は考慮されていない。また、家畜排せつ物由来の窒素はすべて無機化されると仮定しているため、推定された溶脱水中の窒素濃度は実際よりも高めである可能性がある。

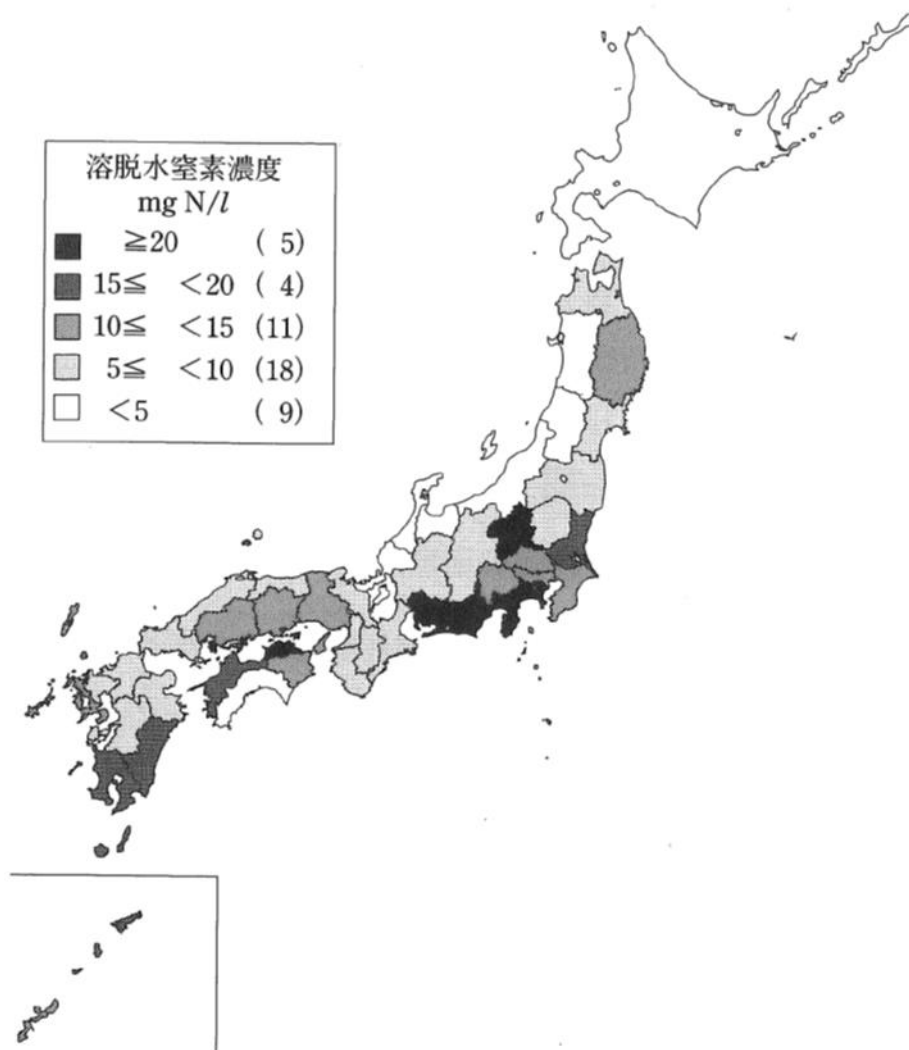


図 4. 3 - 13 都道府県別の耕地からの溶脱水中の推定窒素濃度の分布（2001 年）

（出典：西尾道徳，農業と環境汚染，農文協，2005）

この試算結果によると、北海道および北陸等では耕地からの溶脱水中の窒素濃度は、5 mgN/L 未満であるが、群馬県、神奈川県、静岡県、愛知県及び香川県では 20mgN/L 以上であった。全国平均では 7.8mgN/L であったとしている。

余剰水量で割る前の耕地の余剰窒素量の多い都道府県は、静岡県 398kgN/ha、宮崎県 366kgN/ha、鹿児島県 320kgN/ha、愛知県 261kgN/ha、群馬県 244kgN/ha であったが、宮崎県と鹿児島県では余剰水量が多いために 20mgN/L 未満となっている。逆に、香川県では余剰窒素量が 173mgN/ha と他より少ないが、余剰水量が少ないために溶脱水中の窒素濃度が 30mgN/L と最も高かったとしている。

耕地から溶脱した窒素は、一部は表流水に流入し、一部は地下水に移行するので、ここで試算されている窒素濃度が全て地下水に流入するものではないが、潜在的な地下水汚染リスクを相対的に評価することができる。

西尾（2005）は、畑土壌における有機質肥料及び堆肥からの無機態窒素放出に関して、実測データから予測式を検討している。

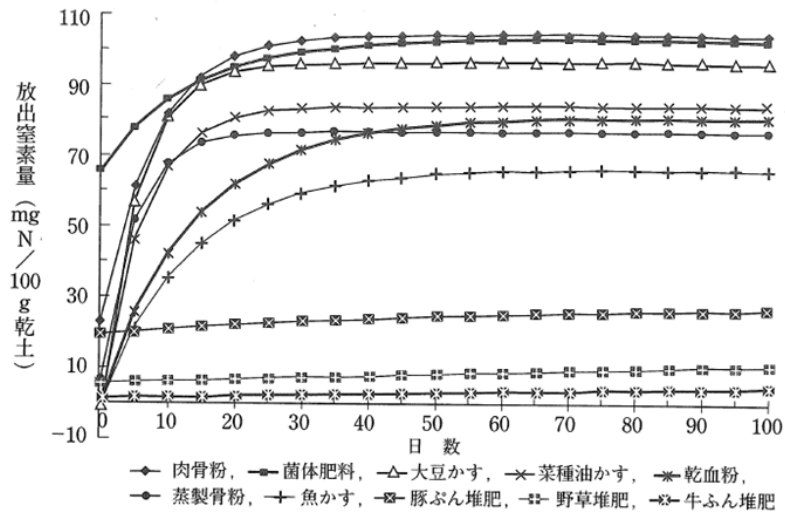


図 4. 3-14 畑土壌における有機質肥料及び堆肥からの無機態窒素放出予測式  
 (標準温度 25℃、郡司掛・久保, 1996 より作図)  
 (出典：図 4. 3-13 と同じ)

全農では、このような予測式を応用した「施肥名人」という施肥改善支援システムのソフトを販売している (<https://www.zennoh.or.jp/sehi/index.html>)。このソフトは、標準温度での係数を実測地温に換算する温度変換日数法を組み込んでおり、地温データ、化成肥料、有機質肥料、被覆肥料等の肥料、堆肥、地力からの窒素量をシミュレートすることが出来る。しかし、堆肥を連用する場合には、次第に誤差が蓄積すると考えられている。

施用された堆肥からの窒素の無機化の状況を図 4. 3-15 に示す。

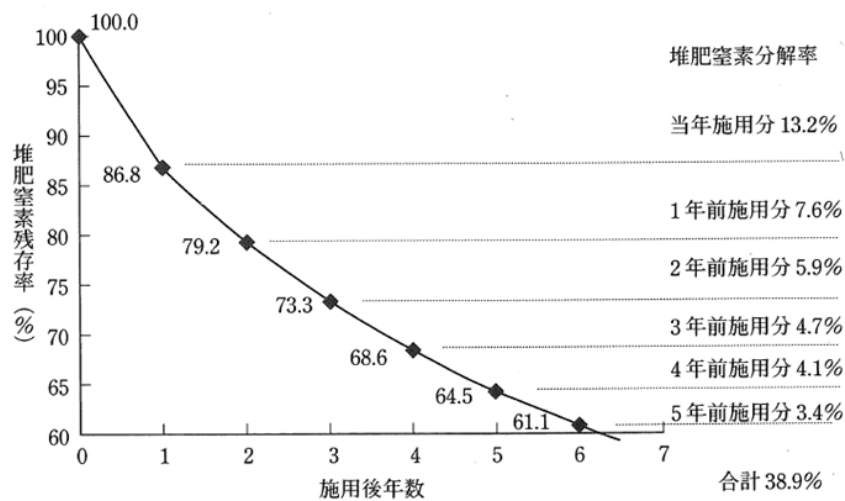


図 4. 3-15 土壌に施用した稲わら堆肥の全窒素の残存率と分解率の変化  
 (出典：図 4. 3-13 と同じ)

西尾（2005）は、これらの実測データに基づき、施用された有機資材の分解予測式を検討している。

分解予測式

$$\text{蓄積率 } Y_t = a \cdot 0.01 \cdot (1 - 0.01^t) / (1 - 0.01) + c \cdot 0.63 \cdot (1 - 0.63^t) / (1 - 0.63) \\ + f \cdot 0.955 \cdot (1 - 0.955^t) / (1 - 0.955)$$

$$\text{放出率} = 1 - Y$$

$$a + c + f = 1 \quad (a, c, f : \text{施用した有機資材中の分解速度の異なる画分の割合})$$

t : 連用年数

パラメータ a, c, f に関しては、表 4. 3-7 に示すような値が示されている。

表 4. 3-7 同一資材を毎年同量ずつ連用した際の有機資材の  
分解予測式の窒素に関するパラメータ

	a	c	f
余剰汚泥	0.65	0.28	0.07
小麦わら	-1.83	1.63	1.20
粃がら	0.19	-0.11	0.92
水稻根	-0.35	0.63	0.72
稲わら	-0.40	0.95	0.45
未熟稲わら堆肥	-0.06	0.26	0.80
中熟稲わら堆肥	0.03	0.18	0.79
完熟稲わら堆肥	0.15	0.11	0.74
牛ふん堆肥	0.04	0.15	0.81
乾燥牛ふん	0.10	0.58	0.32
豚ふん堆肥	0.02	0.39	0.59
牛ふんおがくず堆肥	0.04	0.11	0.85
豚ふんおがくず堆肥	0.02	0.34	0.64
パーク堆肥	0.14	-0.08	0.96
おがくず	-0.03	-2.77	3.80

(a, c, f は分解のしやすさから区別した有機物の3つの画分の係数)

注 農林水産技術会議事務局, 1985から抜粋・追加。

(出典 : 図 4. 3-13 と同じ)

上記の分解予測式に、表 4. 3-7 に示した窒素のパラメータを当てはめれば、連用 t 年目の無機態窒素の放出率が計算でき、放出率を施用有機物資材中の全窒素含量に乗ずれば、連用 t 年目の無機態窒素放出量が計算できる (図 4. 3-16 参照)。

上記の式で連用年数 (t) を無限大にすると、蓄積率が 0、放出率が 1 になる。すなわち、長年にわたって同一種類の資材を連用していると、1 年間に施用した資材中の全窒素含量がすべて 1 年間に無機化され続けるようになり、平衡状態に達する。

平衡状態に達するまでの年数は資材によって異なり、そこに至るまでは同一量を連用していても無機態窒素の放出量が増加し続けることとなる。



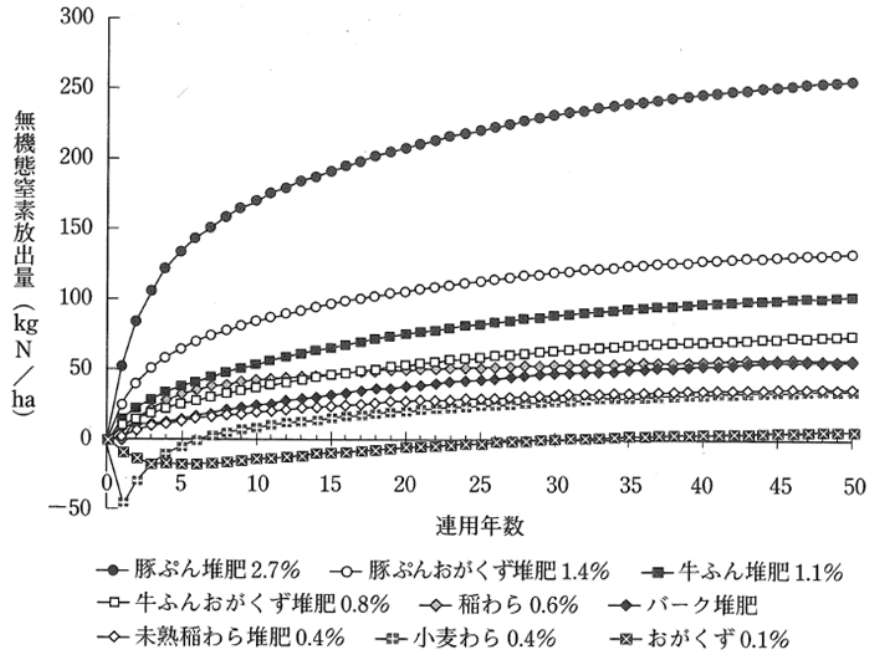


図 4. 3 - 16 代表的有機物資材を毎年 10 t /ha ずつ連用した時の無機態窒素の放出の状況  
(出典：図 4. 3 - 13 と同じ)

このことから、標準的な施肥量を目標とした場合、目標レベルを維持するためには毎年の施用量を減少させなければならないことになる。

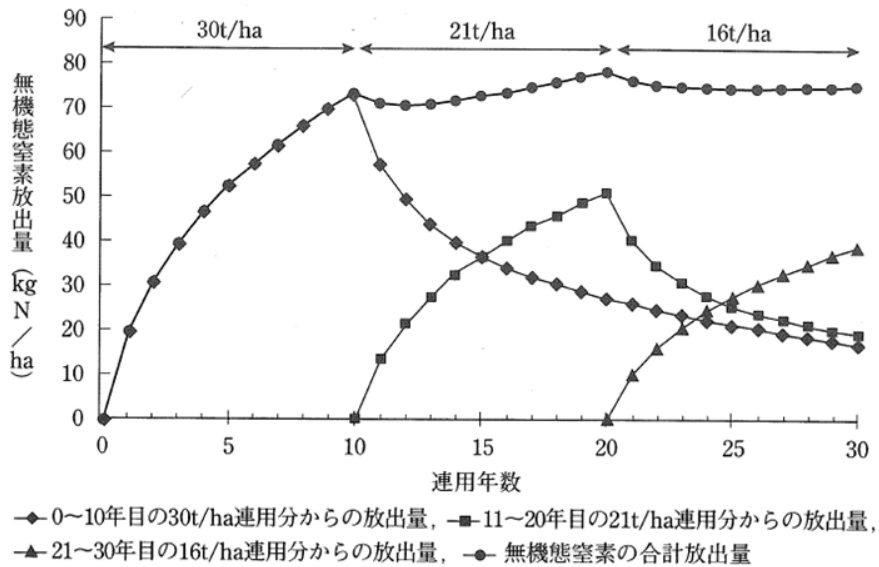


図 4. 3 - 17 目標レベル (80kgN/ha) を維持するための稻わら堆肥の連用の仕方の一例  
(稻わら堆肥の全窒素含量を現物 0.49% と仮定)  
(出典：図 4. 3 - 13 と同じ)

図4.3-17に示した例では、10年後を目標に30 t/haという多めの堆肥を施用した場合、同じ量を毎年施用し続けると、すぐに窒素過剰になってしまうので、11~20年目は21 t/haずつ、21~30年目は16 t/haずつ連用すると、ほぼ目標レベルの75kg/haの無機態窒素の放出を維持することができる。

全窒素含有率が現物で1%の豚ふんおがくず堆肥を用いて、無機態窒素を年間80kg/ha放出させることを目標にして、諸年目に多めの20 t/haを施用し、2年めからの年間施用量を計算した例を、図4.3-18に示す。

2年目からは施用量を徐々に減らし、最終的に施用した豚ふん堆肥中の全窒素が1年間に全て無機化されるようにするためには、年間施用量は8 t/ha (80kgN/ha)となる。

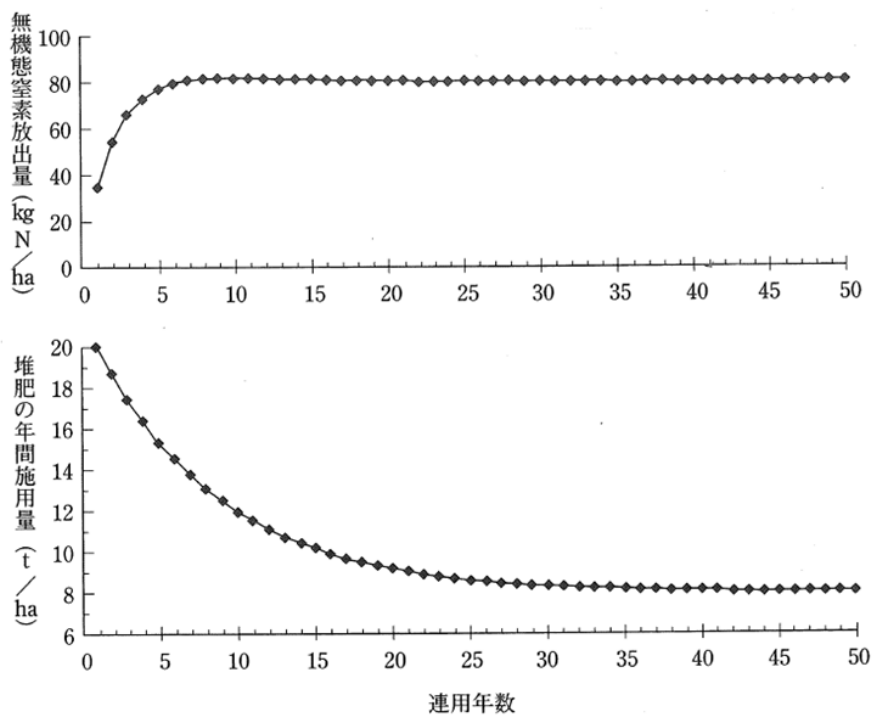


図4.3-18 年間80kgN/haの無機態窒素の放出を維持するための豚ふんおがくず堆肥の連用の仕方の一例

(豚糞ふんおがくず堆肥の全窒素含量を現物1%と仮定)

(出典：図4.3-13と同じ)

## ウ. 飼料利用

飼料利用は、家畜ふん中に残った未消化栄養成分を再利用する方法である。餌料の肥効を高めることとは家畜ふん中の未消化の栄養分を少なくすることであるから、家畜ふんを餌料とすることは自己矛盾的であるが、試験研究例は多いようである。

特に、採卵鶏ふん焼却灰は、カルシウムとリンの比率が約2:1であり、これは肥育豚やブロイラーの要求量の比率に近いことから飼料の無機リン源としての利用が研究されている（羽賀, 2006）。

## エ. エネルギー利用

エネルギー利用には直接燃焼法、熱分解ガス化、石油化、堆肥の発酵熱の回収、メタン発酵法の5つの方法がある。いずれも家畜排せつ物に豊富に含まれる有機物（乾物当たり80%前後）を直接燃焼させるか、燃料物質（メタンガスや石油等）に変換してエネルギー利用するものである。

エネルギー利用したあとの残渣の処理にも留意する必要がある、汚泥や排水の処理のためにエネルギーを使わなければならないため、エネルギー収支が重要な課題となる。

## オ. その他の利用

その他、炭化して減量化し、土壌改良資材等新たな資材化がある。また、排せつ物中の有機物や無機物を栄養源として、新たなバイオマスを生産するものがある。クロレラ、酵母等の単細胞バイオマスの生産と飼料等への利用、マッシュルーム等の栽培、ミミズや昆虫類等の培養が試みられている。

## カ. 畜産施設から発生する汚水の処理・利用方法

豚、牛、鶏の生産施設から発生する汚水に関しては、処理して放流する以外に、液肥化して利用したり、メタンガス化して利用する等の方法もある（図4.3-19 参照）。

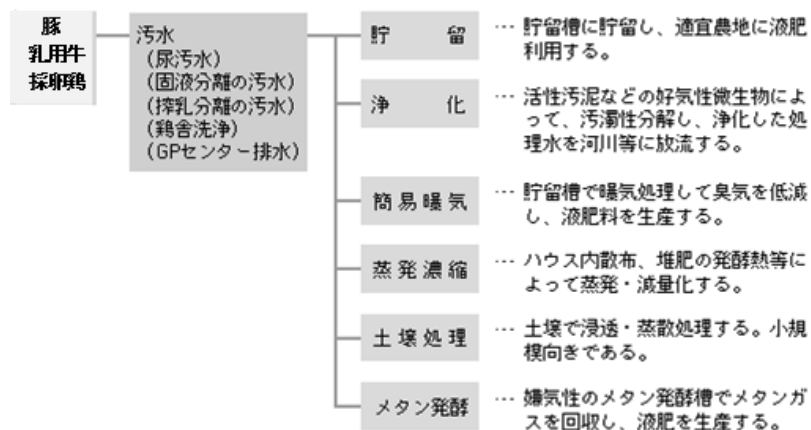


図4.3-19 畜産施設から発生する汚水の処理・利用方法

(出典：畜産環境保全指導マニュアル, (社)中央畜産会, 2002)

### 3) 家畜排せつ物処理・利用施設の整備のための各種支援策（平成27年度）

#### ① 補助事業等

##### ○ 施設整備を共同で行う場合

- 畜産に起因する排水や悪臭による周辺環境への影響を軽減するために必要な浄化処理施設や脱臭施設等の整備を推進する事業（強い農業づくり交付金）の設置。

#### ② 融資・税制等

##### ア. 制度資金

- 家畜排せつ物法に基づく「処理高度化施設整備計画」の認定者に対する「畜産経営環境調和推進資金」（株式会社日本政策金融公庫）を措置。

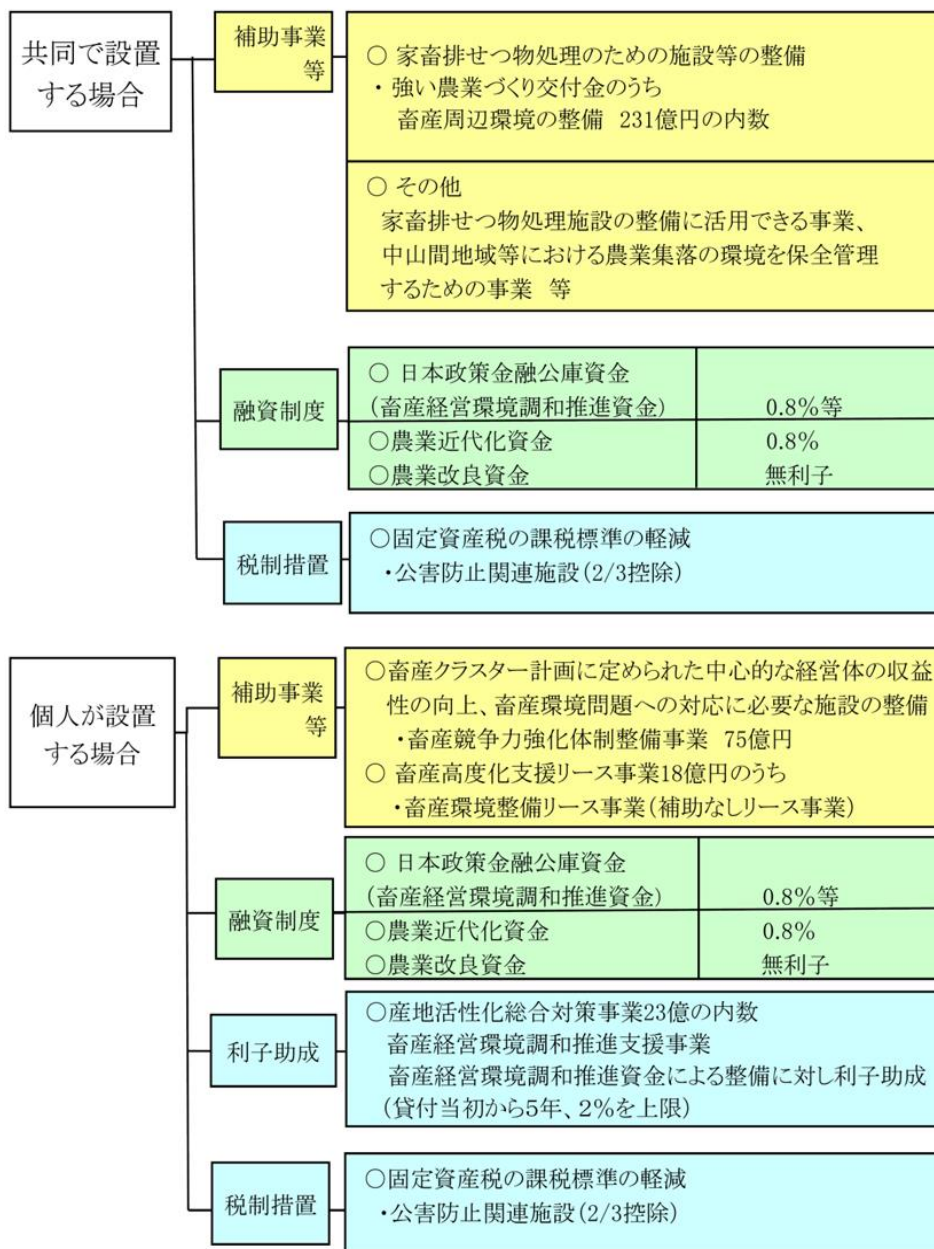
##### イ. 利子助成

- 畜産経営環境調和推進資金を利用して、個人で施設整備する際に、利子助成を実施（貸付当初から5年間、2%を上限とする（500万円を超える融資に限る））（産地活性化総合対策事業のうち畜産経営環境調和推進支援事業）。

##### ウ. 税制上の優遇措置

- 公害防止関連施設（汚水等処理施設）に係る固定資産税（地方税）の課税標準の軽減（2/3控除）を措置。
- 家畜排せつ物法に基づく管理施設（発酵施設）に係る課税標準の特例措置は廃止（※平成24年3月末までに新たに取得した場合は、特例措置を受けることが可能）。

図4.3-20に家畜排せつ物処理・利用施設の整備のための各種支援策（平成27年度）を整理して示す。



注) 金額は平成27年度予算額。金利は平成27年6月18日現在のもの。

図 4. 3 - 20 家畜排せつ物処理・利用施設の整備のための各種支援策（平成 27 年度）

(出典：畜産環境をめぐる情勢, 農林水産省生産局畜産部畜産企画課畜産環境・経営安定対策室, 平成 27 年 7 月)

#### 4) 家畜排せつ物堆肥の活用事例（千葉県における事例）

千葉県では、家畜ふん堆肥の施用試験や分析結果をもとに、堆肥有効活用ツールとして「堆肥のクオリティチャート作成システム」、「家畜ふん堆肥利用促進ナビゲーションシステム」、「施肥設計支援システム『エコFIT』」を作成し、公開している。

##### ① 堆肥のクオリティチャート作成システム

家畜ふん堆肥は原料や製造方法によって、肥料成分の多少の度合い等の特性は様々である。このため、生産・利用するそれぞれの堆肥についてその特性を把握することが大切である。しかし、堆肥の成分値等から個々の堆肥の特徴を把握することは困難である。「堆肥のクオリティチャート作成システム(クオリティチャート)」では、肥料成分の多少の度合いが図表化され、堆肥の特徴が簡単に把握できる。

##### ② 家畜ふん堆肥利用促進ナビゲーションシステム

家畜ふん堆肥は概して肥料成分を多く含んでいるので、堆肥の肥料的効果を考慮して施用する必要がある。しかし、その施用量をもとめる計算は非常に煩雑である。「家畜ふん堆肥利用促進ナビゲーションシステム(堆肥ナビ)」では、この施用量を簡単に算出することができる。また、「堆肥ナビ」では特性把握の一助とするため、個々の堆肥の成分値等を家畜ふん堆肥の種類ごとの平均値と比較し、その結果を図表化することができる。

このシステムはパソコンの表計算ソフト Microsoft Excel 上で稼働し、「家畜ふん堆肥の成分特性比較テーブル(堆肥ナビ成分特性比較テーブル)」と「家畜ふん堆肥による基肥代替計算テーブル(堆肥ナビ基肥代替計算テーブル)」の二つのスプレッドシートで構成されている。

##### ③ 施肥設計支援システム「エコFIT」

化学肥料減肥分を堆肥や有機質肥料で代替する場合に、肥料分量を過不足なく満たす堆肥、有機質肥料、化学肥料の施用量を算出するシステムである。「家畜ふん堆肥利用促進ナビゲーションシステム(堆肥ナビ)」の機能に加え、複数の成分を含む肥料の施用量計算、追肥の計算、「ちばエコ農業」栽培基準に基づいた各種肥料の施用量が計算できる。

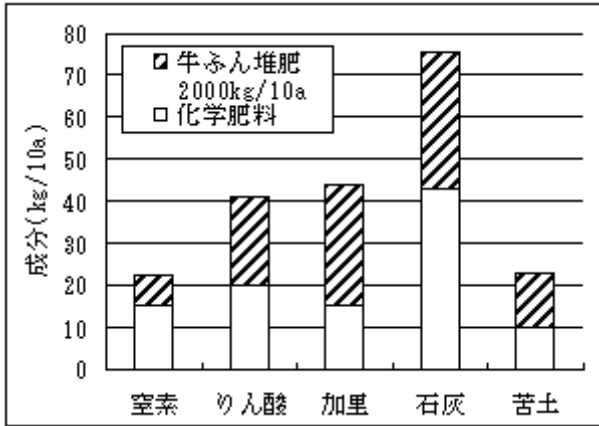
家畜ふん堆肥施用量の算出の考え方は次のとおりである。

- ア. 家畜ふん堆肥は基肥の代替資材と位置づける。
- イ. 基肥窒素施用量の 30%を代替の目安とする。
- ウ. 堆肥中の肥料成分は、肥効率を掛けて有効分量に換算する。
- エ. 他の成分が過剰になる場合は、施用量を減らす。

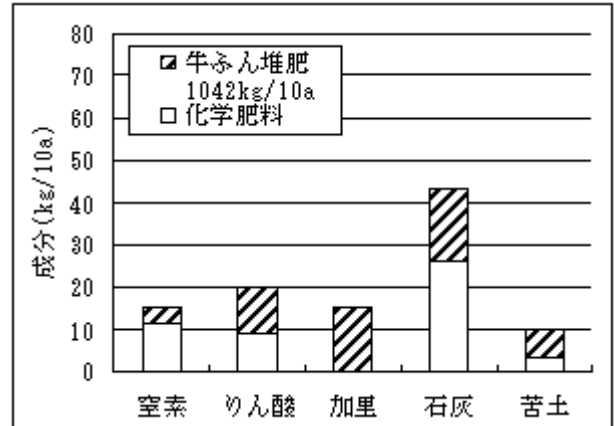
家畜ふん堆肥は稲わら堆肥より肥料成分が多いため、過剰に施用した場合には農作物が過繁茂になったり、地下水の硝酸性窒素汚染の原因となる可能性がある。このため、家畜ふん堆肥の施用量を決める場合、その肥料的効果を考慮する必要がある。

別図に示すように、家畜ふん堆肥の肥料的効果を考慮しない施肥設計では、化学肥料に家畜ふん堆肥中の肥料成分が上乘せされてしまう。そこで、家畜ふん堆肥の

施用量について、肥料的効果を考慮した施用量とするとともに、化学肥料の施用量を減らし肥料成分が上乘せされないようにする。



肥料的效果を考慮しない施肥設計



肥料的效果を考慮した施肥設計

別図 家畜ふん堆肥の肥料的効果を考慮した場合としない場合の化学肥料と堆肥施用量の違い

(出典：千葉県ホームページ掲載「堆肥施用量の算出法」、  
<https://www.pref.chiba.lg.jp/chikusan/taihiriyou/sanshutsuhou.html>)

④ 堆肥利用促進の事例（千葉県堆肥利用促進ネットワーク）

千葉県農林水産部畜産課では、堆肥の生産者、価格、成分比等の情報をインターネット上で公開し、堆肥の利用促進を図っている。

○ 千葉県堆肥利用促進ネットワークホームページ

(<https://www.pref.chiba.lg.jp/chikusan/taihiriyou/kensaku.html>)

千葉県堆肥利用促進ネットワーク検索画面

更新日：平成28(2016)年3月16日

1地域検索

下記地域のリンクをクリックすると、地域別に生産者一覧が表示されます。

- 千葉地域：千葉市、習志野市、市原市、八千代市
- 東葛飾地域：市川市、船橋市、松戸市、野田市、柏市、流山市、我孫子市、鎌ヶ谷市、浦安市
- 印旛地域：成田市、佐倉市、四街道市、八街市、印西市、白井市、富里市、酒々井町、栄町
- 香取地域：香取市、神崎町、多古町、東庄町
- 海浜地域：桃子市、匝瑳市、旭市
- 山武地域：東金市、山武市、大網白里市、九十九里町、横芝光町、芝山町
- 長生地域：茂原市、一宮町、睦沢町、長生村、白子町、長柄町、長南町
- 夷隅地域：勝浦市、いすみ市、大多喜町、御宿町
- 安房地域：館山市、鴨川市、南房総市、鋸南町
- 君津地域：木更津市、君津市、富津市、袖ヶ浦市

2畜種検索

下記畜種のリンクをクリックすると、畜種別に生産者一覧が表示されます。

- 乳牛・肉牛・その他
- 豚
- 採卵鶏・ブロイラー

### 堆肥生産者・団体一覧表 (千葉県)

千葉市(22) | 習志野市(該当なし) | 市原市(26) | 八千代市(7)

会員番号のリンクをクリックすると、詳細が表示されます！

会員番号 特殊肥料生産 業者届出番号	主 な 原 料 ふ ん	氏名/団体 名	販売場所 住所	提供価格 (円)			配送可否	ほ 場 散 布 の 可 否	す き 込 み の 可 否	肥料成分 N:P:K(%)
				バラ(t)	袋 価 格	袋 単 位				
<a href="#">011000100</a> 千葉県第 1775号	乳 牛 ふ ん			10,000 円/2tダン プ1台	-	-	可	否	否	0.9:1.0:1.9
<a href="#">011000020</a> 千葉県第 2039号	乳 牛 ふ ん			10,000 円/2tダン プ1台	-	-	車で30分 範囲まで 可	相 談	否	1.5:2.4:5.4



5) 家畜排せつ物堆肥の活用事例（熊本県の事例）

熊本県では、耕畜連携の推進と強化のために、家畜排せつ物堆肥の活用方を推進している。

耕種農家のみなさま・堆肥を利用するみなさまへ

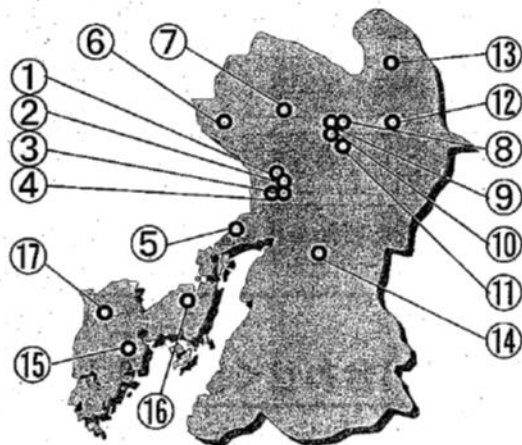
# 「たい肥の達人」

「堆肥の達人」とは？

を御存知ですか？

- ☑ **たい肥づくりのプロフェッショナル！**
- ☑ **「熊本県耕畜連携推進協議会」が認定！**
- ☑ **県内で17名が活躍中！あなたの地域にも！**
- ☑ **良質たい肥の供給はもちろん、利用の助言も！**

市町村	「達人」氏名	所属	電話番号	主原料
①		西里とれたて市堆肥生産組合		牛糞・樹芸くず
②	熊本市	(有)富田牧場		牛糞・おがくず
③		富永肉牛牧場		牛糞・おがくず
④		田原肉牛牧場		牛糞・おがくず・樹芸くず
⑤		宇土市	宇土市うき健康土づくりセンター	
⑥	荒尾市	小島牧場		牛糞・おがくず
⑦	山鹿市	山鹿市パオ・メスウカ		牛糞・豚糞・おがくず
⑧		山鹿市ち堆肥センター組合		牛糞・鶏糞・おがくず
⑨	菊池市	菊池市飼料生産組合		牛糞・おがくず
⑩		グリーンハウス		牛糞・おがくず
⑪		ビオファーム(株)		豚糞・おがくず
⑫	阿蘇市	阿蘇市堆肥センター		牛糞・もみがら・野草
⑬	小国町	JA阿蘇小国郷中央支所堆肥センター		牛糞・おがくず
⑭	美里町	中央町堆肥センター		牛糞・おがくず
⑮	天草市	JAあまくさ済和堆肥センター		豚糞・牛糞・おがくず
⑯	天草市	JAあまくさ春明堆肥センター		牛糞・パーク・稲ワラ
⑰	苓北町	苓北町堆肥センター		牛糞・生ごみ



## お問い合わせ先

- 熊本県耕畜連携推進協議会事務局  
096-328-1025  
(JA中央会・連合会 営農生活センター)
- 096-333-2398  
(県農林水産部畜産課)
- お近くの県地域振興局農業・普及振興課

違う堆肥が欲しい!

もっと堆肥が必要!

堆肥はどこで買えるの?

そんな時は

# 「くまもと堆肥ネット」をご覧ください!

<http://kouchiku.aso.ne.jp/>



技術情報も!

参考情報も!

特殊肥料の  
届出もしよう!

堆肥の原料、  
成分を掲載!

このサイトは熊本県耕畜連携推進協議会が運営しています。

## たい肥 くまもと堆肥ネット

たい肥作物は、まづくりから生まれる。

MENU

- 堆肥づくりのポイント
- 堆肥はなぜ必要か?
- 堆肥利用情報
- (財)畜産環境推進機構からのお知らせ
- 環境保全型農業の取り組み
- 各種届出ダウンロード

堆肥情報検索 良質堆肥を供給します!

キーワードから

エリアから

<input type="checkbox"/> 熊本	<input type="checkbox"/> 阿蘇	<input type="checkbox"/> 熊本
<input type="checkbox"/> 菊池	<input type="checkbox"/> 阿蘇	<input type="checkbox"/> 上益城
<input type="checkbox"/> 宇城	<input type="checkbox"/> 八代	<input type="checkbox"/> 阿北
<input type="checkbox"/> 球磨	<input type="checkbox"/> 天草	

畜産種から

<input type="checkbox"/> 牛	<input type="checkbox"/> 豚	<input type="checkbox"/> 鶏	<input type="checkbox"/> 馬	<input type="checkbox"/> 魚
----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

検索

ニュース

- 平成21年度「たい肥の達人」一賞を掲載しました。
- 平成21年度堆肥共励会及びスキルアップセミナーが開催されました。
- 平成20年度「たい肥の達人」一賞を掲載しました。
- 堆肥製造技術及び講習受講に関する講演会が開催されました。
- 平成20年度堆肥共励会及びスキルアップセミナーが開催されました。
- ペレット堆肥センター(那珂)稼働について
- 堆肥の達人意見交換会を開催しました。
- ペレット堆肥の配布試験が日本農業新聞に掲載されました。
- 加南町村上・魚田集落たい肥見学会を開催しました。
- 平成19年度堆肥共励会及びスキルアップセミナーが開催されました。
- 堆肥の達人認定制度

耕畜連携推進協議会の連絡先

事務局: JA熊本中央会・連合会 畜産生活センター  
〒860-0642 熊本県南平反路町2-3  
tel 096-328-1027

COPYRIGHT © 熊本県耕畜連携推進協議会 2009 All rights reserved.

地域は?

原料は?



価格や配達、散布の情報も!

セールスポイントがわかる!

住所も電話番号もわかる!地図も!

巴名産 野草堆肥

原料	乳牛
原料	新青 おがくず もみがら 野草(かや) 樹皮くず
窒素	1.14% リン酸 0.54% カリ 1.52%
C/N比	14.9 水分 55.6% 年間生産量 400t
価格	¥ 4,000円
配送/配達料	有り
散布/散布料	有り
セールスポイント	乳牛糞と阿蘇の外輪山で採取したかやを使って生産した上質の堆肥です。水稲から施設園芸まで幅広く使用されています。平成19年度熊本県堆肥共励会で上位入賞しました。
製造者名	阿蘇農業協同組合 阿蘇市堆肥化センター
住所	熊本県阿蘇市竹尾031-4
電話	0967-32-2911



➤ 今後、掲載情報をさらに充実!

➤ 情報の掲載を希望される方もお問い合わせください!

お問い合わせ先: 熊本県耕畜連携推進協議会事務局: 096-328-1025 (JA中央会営農生活センター)

## 【参考】

### ① 家畜排せつ物法の管理基準対象外の家畜による窒素負荷量の試算

飼養頭数規模別飼養頭数の統計値から、家畜排せつ物法の管理基準対象外の家畜頭数を集計し、以下に示す窒素の発生源単位を用いて、窒素の発生量を推定した。さらに、総発生量に占める管理基準対象外の家畜の窒素発生量の比率を求めた。

なお、発生量の原単位は、処理する前の家畜排せつ物中の窒素含有量である。

表 4.3-8 家畜による汚濁負荷発生量原単位

項目	牛	豚
水量(L/頭/日)	45~135	13.5
BOD(g/頭/日)	640	200
SS(g/頭/日)	3,000	700
T-N(g/頭/日)	290	40
T-P(g/頭/日)	50	25
COD(g/頭/日)	530	130

(出典：国土交通省水管理・国土保全局下水道部，流域別下水道整備総合計画調査指針と解説，平成 27 年 1 月)

我が国で飼養されている家畜（ここでは、平成 25 年 2 月時点の肉用牛、乳用牛、肥育豚を対象）は、牛（乳用牛と肉用牛）400 万頭、豚 964 万頭であり、このうち管理基準対象外の家畜は 17 万 3000 頭（4.3%）、豚は 4 万 8000 頭（0.5%）である。

なお、乳用牛の飼養頭数の規模別区分の最小単位は 1~19 頭であるが、当該層の平均飼養頭数は 17.7 頭/戸で、10 頭以下層は少ないと推計されることから、20%の頭数で推算した。

この結果、飼養されている家畜から発生する窒素の年間総発生量は、563,139 tN/年であり、その 3.4%が管理基準対象外の家畜の窒素発生量と推定された。

### ② 家畜排せつ物処理における下水道の活用事例（神奈川県事例）

神奈川県横浜市、綾瀬市、相模原市では、1990 年台頃に畜舎排水を公共下水道に放流している事例があった。市街化調整区域で肉豚 800~1000 頭の規模の畜産農家で、施設（管渠）整備費の半額について公的補助を受けた。下水道使用料金は個人負担で、当時の経済状況で 1 頭あたり 30~60 円/月程度であったとされている<sup>(5)</sup>。

白柳（2010）によれば、神奈川県内では通常、家畜の糞については処理を通じて堆肥化し、尿については処理をした後に河川へ排水している。しかし、相模原市においては、公共下水が広く普及しているため、家畜の尿を下水に流している。そのため畜産農家は糞のみを処理すればよいという、県内では特殊な地域であるとしており、現在でも下水道への放流は行われているようである<sup>(6)</sup>。

<sup>(5)</sup> 押田ら，廃棄物学会誌，Vol. 5, No. 4, 1994

<sup>(6)</sup> 白柳かさね，エクメーネ研究 1, 2010

### (3) 生活排水対策

単独処理浄化槽からの排水の地下浸透処理等が、地下水の硝酸性窒素汚染の原因になっている地域がある。小規模の地下浸透処理は地下水中での混合・希釈を期待できるが、都市域等の人口集中地域では地下水汚染を引き起こすおそれがある。

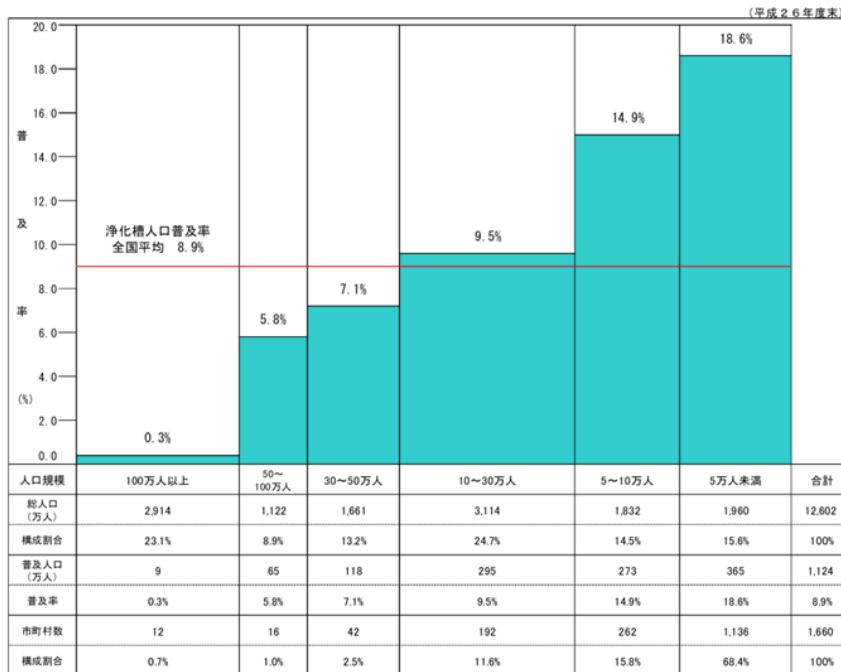
また、生活系の汚水が地下浸透した場合、アンモニア性窒素は生物分解を受けて硝酸性窒素や亜硝酸性窒素に酸化されるが、そのような変化を行っても抜本的な対策を行ったことにはならないので、合併処理浄化槽の整備を含め、生物学的硝化・脱窒が適切に行われる処理システムの普及が必要である。

環境省では、生活排水対策の一環として旧来の単独処理浄化槽から浄化槽（合併処理浄化槽）への転換を推進している。表 4.3-9 に、平成 26 年度末の浄化槽の普及人口及び普及率を示す。平成 26 年度末で総人口の約 9%が浄化槽を使用している。

[表1] 平成26年度末の浄化槽の普及人口及び普及率

	平成26年度末	平成25年度末
普及人口	1,124万人	1,121万人
普及率	8.92%	8.88%

- (注) 1. 普及率とは、普及人口の総人口に対する割合とする。  
 2. 普及人口は1万人未満を四捨五入した。  
 3. 平成25年度末及び26年度末は、福島県において東日本大震災の影響により、調査不能な市町村があるため公表対象外としている。



- (注) 1. 総市町村数1,660の内訳は、市 778、町 714、村 168(東京都区部は市数に1市として含む)  
 2. 総人口、処理人口は1万人未満を四捨五入した。  
 3. 都市規模別の各汚水処理施設の普及率が0.5%未満の数値は表記していないため、合計値と内訳が一致しないことがある。  
 4. 平成26年度末は、福島県において、東日本大震災の影響により調査不能な市町村があるため公表対象外としている。

[図1] 都市規模別浄化槽普及人口

表 4.3-9 平成 26 年度末の浄化槽の普及人口及び普及率

(出典：環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課浄化槽推進室報道発表資料)

[表2]都道府県別 浄化槽等の普及状況

(平成26年度末)

都道府県名	総人口 (千人)	汚水処理 人口 (千人)	汚水処理 人口普及率	浄化槽 処理人口 (千人)	うち浄化槽 整備区域内 処理人口 (千人)	浄化槽人口 普及率	浄化槽 整備区域内 人口普及率	コミュニティ ・プラント 処理人口 (千人)	コミュニティ ・プラント 普及率
北海道	5,406	5,122	94.7%	160	(151)	3.0%	(2.8%)	0	-
青森県	1,344	1,026	76.4%	129	(73)	9.6%	(5.4%)	0	-
岩手県	1,294	1,007	77.8%	163	(113)	12.6%	(8.7%)	1.7	0.1%
宮城県	2,321	2,077	89.5%	154	(120)	6.6%	(5.2%)	6.5	0.3%
秋田県	1,050	887	84.5%	118	(73)	11.3%	(7.0%)	0	-
山形県	1,135	1,023	90.1%	87	(59)	7.7%	(5.2%)	0	-
福島県	-	-	-	-	-	-	-	-	-
茨城県	2,974	2,424	81.5%	461	(217)	15.5%	(7.3%)	9.8	0.3%
栃木県	2,000	1,675	83.7%	309	(211)	15.4%	(10.6%)	0.6	0.0%
群馬県	2,008	1,557	77.5%	361	(217)	18.0%	(10.8%)	25.0	1.2%
埼玉県	7,306	6,578	90.0%	689	(409)	9.4%	(5.6%)	0.9	0.0%
千葉県	6,254	5,368	85.8%	798	(398)	12.8%	(6.4%)	8.5	0.1%
東京都	13,337	13,300	99.7%	30	(13)	0.2%	(0.1%)	2.3	0.0%
神奈川県	9,122	8,918	97.8%	122	(41)	1.3%	(0.5%)	0	-
新潟県	2,326	1,988	85.5%	126	(56)	5.4%	(2.4%)	0	-
富山県	1,082	1,038	95.9%	38	(107)	3.6%	(9.9%)	3.3	0.3%
石川県	1,156	1,074	92.9%	51	(47)	4.4%	(4.1%)	2.8	0.2%
福井県	800	748	93.5%	40	(13)	5.0%	(1.6%)	0	-
山梨県	852	686	80.6%	116	(34)	13.6%	(4.0%)	6.1	0.7%
長野県	2,140	2,081	97.3%	121	(27)	5.7%	(1.3%)	1.0	0.0%
岐阜県	2,080	1,886	90.7%	218	(125)	10.5%	(6.0%)	4.2	0.2%
静岡県	3,776	2,937	77.8%	565	(278)	15.0%	(7.4%)	14.3	0.4%
愛知県	7,484	6,618	88.4%	784	(324)	10.5%	(4.3%)	11.1	0.1%
三重県	1,852	1,522	82.2%	479	(131)	25.9%	(7.1%)	3.4	0.2%
滋賀県	1,419	1,394	98.3%	41	(3)	2.9%	(0.2%)	0	-
京都府	2,574	2,502	97.2%	56	(37)	2.2%	(1.5%)	0.4	0.0%
大阪府	8,861	8,595	97.0%	179	(6)	2.0%	(0.1%)	0.5	0.0%
兵庫県	5,623	5,545	98.6%	109	(84)	1.9%	(1.5%)	71.9	1.3%
奈良県	1,392	1,217	87.5%	116	(39)	8.3%	(2.8%)	3.8	0.3%
和歌山県	1,000	590	59.0%	296	(156)	29.6%	(15.6%)	0	-
鳥取県	580	530	91.4%	32	(12)	5.5%	(2.1%)	0.4	0.1%
島根県	703	541	77.0%	106	(54)	15.0%	(7.7%)	4.5	0.6%
岡山県	1,935	1,617	83.6%	315	(143)	16.3%	(7.4%)	0	-
広島県	2,862	2,459	85.9%	327	(187)	11.4%	(6.5%)	15.3	0.5%
山口県	1,425	1,209	84.9%	232	(123)	16.3%	(8.7%)	0.1	0.0%
徳島県	773	430	55.7%	268	(157)	34.7%	(20.3%)	7.8	1.0%
香川県	1,002	735	73.4%	278	(222)	27.7%	(22.1%)	0.5	0.1%
愛媛県	1,421	1,070	75.3%	290	(208)	20.4%	(14.6%)	5.6	0.4%
高知県	742	544	73.3%	252	(161)	34.0%	(21.7%)	1.5	0.2%
福岡県	5,108	4,623	90.5%	478	(308)	9.4%	(6.0%)	13.4	0.3%
佐賀県	843	674	79.9%	121	(77)	14.4%	(9.2%)	0.6	0.1%
長崎県	1,404	1,096	78.1%	188	(106)	13.4%	(7.5%)	5.3	0.4%
熊本県	1,811	1,533	84.7%	258	(202)	14.3%	(11.2%)	0.6	0.0%
大分県	1,186	858	72.3%	246	(154)	20.8%	(13.0%)	0.6	0.1%
宮崎県	1,129	936	83.0%	242	(202)	21.5%	(17.9%)	0	-
鹿児島県	1,679	1,283	76.4%	547	(492)	32.6%	(29.3%)	4.9	0.3%
沖縄県	1,450	1,229	84.7%	147	(84)	10.1%	(5.8%)	0	-
全国計	126,017	112,755	89.5%	11,245	(6,704)	8.9%	(5.3%)	239	0.2%

- (注)1. 総人口、処理人口は四捨五入を行ったため、合計が合わないことがある。  
 2. 数値“0”は処理人口がないことを示す。  
 3. 浄化槽整備区域内とは、浄化槽によって区域内の汚水処理施設の整備を行うとして各市町村により定めているもので、その処理人口及び普及率は、把握している限りの数値である。  
 4. 平成26年度末は、福島県において、東日本大震災の影響により調査不能な市町村があるため公表対象外としている。

表 4. 3 - 9 平成 26 年度末の浄化槽の普及人口及び普及率 (続き)

#### 4.4. 水循環基本計画と対策の進め方

対策は平成 27 年に閣議決定された水循環基本計画における「地下水マネジメント」の考え方を踏まえて進めていくことが必要である。

地下水マネジメント（水循環基本計画より抜粋）

- 持続可能な地下水の保全と利用を図るため、地域の実情に応じて地下水マネジメントを計画的に推進する。
- 国は、①国、地方公共団体等が収集・整理するデータを相互に活用するため、共通ルールの作成等の環境整備、②地下水収支や地下水（水量・水質）挙動の把握並びにそのための調査技術の開発等を推進する。
- 国の地方支分部局は必要に応じ、「地下水協議会」に積極的に参画するとともに、地域の実情に応じて地方公共団体等と連携し、環境整備や取組を推進する。
- 都道府県は、国との連携を図りつつ、地域の実情を踏まえ、地下水マネジメントを推進するための自らの体制を整備し、取組を段階的に推進するよう努めるものとする。
- 都道府県（必要に応じて市町村を含む。）は、①地域の実情に応じた地下水協議会の設置と運営（帯水層の広がり等に応じ複数の都府県にまたがって地下水協議会を設置する場合を含む。）、②市町村の自主的・主体的な取組を推進するための啓発や取組への支援等を推進するよう努めるものとする。
- 都道府県及び市町村は、地域の実情に応じ、①地下水のモニタリング、②地下水協議会での決定事項に基づく取組（条例の制定等を含む。）等を推進するよう努めるものとする。
- 地下水の実態把握、保全・利用、涵養、普及啓発、その他の持続可能な地下水の保全と利用に関する取組は、地域における地下水の保全と利用の歴史と経緯、既存の取組や仕組みを尊重しつつ、その進捗度合いに応じて地域ごとに段階的に進める。

また、地下水マネジメントでは、水循環を流域単位でとらえ、「地下水協議会」を国や地方公共団体等が必要に応じて設置し、地下水の保全と利用に係る様々な主体で構成するものとしている。

## 地下水協議会（水循環基本計画より抜粋）

- 国、地方公共団体等は、地域の課題と実情を十分に踏まえつつ、持続可能な地下水の保全と利用を図るための地下水の実態把握、保全・利用、涵養、普及啓発等に関して基本方針を定め、関係者との連携調整を行うために、必要に応じて協議会等（本計画において「地下水協議会」という。）の設置を推進するよう努めるものとする。
- 地下水協議会は、地方公共団体及び国の地方支分部局に加えて、地下水採取者、地下水利用者、地下水量又は地下水質に著しい影響を受ける又は及ぼすおそれのある者、涵養などの地下水の保全に大きく貢献し得る者等から地域の実情や取組の進捗段階に応じて柔軟に構成するよう努めるものとする。また、地下水協議会は、必要に応じ地下水に関する制度面、技術面等について有識者から助言を得る。
- 地下水協議会は、地下水の涵養・浸透、流下、滞留、利用等やこれまでの経緯、地域が抱える課題、行政区域等の状況を踏まえて、地下水マネジメントの対象とすべき地域を定める。
- 地下水協議会は、地下水の保全と利用に関する基本方針を定め、取組を推進するための啓発、地下水モニタリング、協議会の決定事項に基づく取組等を段階的に行う。
- 流域の総合的かつ一体的な管理の方針の下、本来、地下水協議会（地下水という特定分野を扱う流域水循環協議会を含む。）は、水系単位の流域水循環協議会と一体的な運営を図るべきであるが、水系単位の流域の範囲と帯水層の広がり異なる場合もあり、両協議会の進展が必ずしも一致しない場合も考えられる。このため、当面並行して両協議会の設置を推進し、連携をしながら運営し、可能なところから一体的な運営を図っていく。

本マニュアルでは、地域の実情に応じて地下水協議会が設置されることを踏まえ、これに相当する役割を担う組織として、対策対象地域の関係者で構成する連絡組織（連絡会議、調整会議等）を対策の推進母体として示している。

この連絡組織は、汚染範囲、汚染原因、対策対象地域等についての共通認識を醸成するとともに、負荷発生源ごとの負荷低減目標の設定、目標達成のための対策とともに、対策の推進、対策の進捗状況の確認、対策の継続・見直しについて検討を行うものとしている。

なお、水循環基本計画では、流域マネジメントの観点から流域水循環協議会を設置し、地下水マネジメントを内包する流域水循環計画を策定することとしているため、対策対象地域での水循環に係る取組み状況等の動向を十分に踏まえ、体制を整備し、対策を推進していくことが必要である。

### （１）連絡組織の構成員の考え方

連絡組織は、対策対象地域における汚染状況や汚染原因等の実態に応じて、国や都道府県及び対象地域の市町村の環境部局、生活排水対策部局、農業・畜産部局、水道部局等の行政機関に加え、農業協同組合、自治会、事業者団体、有識者等で構成する。

### （２）連絡組織の設置・運営

都道府県等の環境部局が中心となり、連絡組織の設置、会議の招集、意見の調整等の運営を行う。対策対象地域が複数の都道府県等にまたがる場合は、相互の連携と協力のもとに、対策対象地域の範囲等から見て主たる都道府県等が中心となって運営する等、地域の実態に応じた推進を図る。

なお、都道府県等における既存組織の活用を図ることは、差し支えない。

### (3) 連絡組織での協議・検討事項

#### ① 共通認識の醸成

連絡組織の構成員の協力により、地域の実態をより適切に把握できるデータを入手し、硝酸性窒素等による汚染の現状、汚染原因、対策対象地域の範囲、負荷発生源ごとの汚濁負荷量の現状等について共通認識を醸成する。

#### ② 負荷削減目標及び対策の検討

対策対象地域内の各発生源ごとの負荷削減目標、対策手法等について協議・検討する。

#### ③ 対策の進捗状況把握手法等の検討

各発生源ごとの具体的な汚濁負荷量の削減状況の把握手法を検討するとともに、公共用水域又は地下水における硝酸性窒素等濃度の推移、負荷削減量の実績等を踏まえ、対策の効果等を検証・評価し、対策の継続、新たな対策の必要性等について検討する。

## 4.5. 対策の推進

### (1) 計画の策定

連絡組織での検討結果を踏まえ、都道府県等が硝酸性窒素等対策推進計画を策定する。

この計画においては、硝酸性窒素等に係る環境基準の達成・維持をめざし、連絡組織の構成員の共通認識の下、各発生源における負荷削減目標と目標達成のための対策、対策の進捗状況の確認手法等を明確にするものとする。

#### ① 計画策定にあたっての基本的な考え方

硝酸性窒素等対策を効果的に推進するため、汚染の程度、地形、地質、地下水、周辺地域の状況、土地利用の現状及び自然的・社会的条件等を踏まえ、対策の具体的な目標及び内容等を示した計画を策定する。

特に、硝酸性窒素等に係る負荷発生源が工場等からの排水、家畜排せつ物、生活排水、各種作物に係る施肥等多岐にわたることから、これらの負荷発生源ごとの対策の具体的内容や目標の検討にあたっては、関係行政部局や関係団体等の有する知見等を活用することが有効である。

また、計画の実効性を確保するため、連絡組織構成員個々の行動計画的な性格を取り入れることが望ましい。

硝酸性窒素等による汚染対策としては、公共用水域又は地下水への窒素負荷量を抑制するための対策を優先的に実施する。

なお、地下水については、水循環基本計画における「地下水マネジメント」の考え方を踏襲し、当該地の地下水を流域の一つとして考えとともに、汚染状況、対策の緊



急度等を踏まえ、地下水量と地下水質の観点から水循環モデルの利用等も念頭において地下水中の硝酸性窒素等の浄化対策の実施について検討する。

## ② 計画の構成

計画においては、次に掲げる事項を定める。

- ア．対策対象地域の範囲
- イ．対策の基本的方針及び目標
- ウ．負荷発生源ごとの負荷削減に係る具体的な目標及び対策
  - ・施肥　・家畜排せつ物　・生活排水　・工場・事業場排水　・その他
- エ．水道・飲用井戸に係る対策
- オ．対策の進捗状況の把握・評価方法
- カ．対策の推進体制
- キ．その他
  - ・事業者、住民等への普及啓発、指導等

## (2) 対策の実施

硝酸性窒素等に係る負荷低減対策を、以下に示す負荷発生源の種類ごとの対策手法のうちから、汚染の原因、汚染の実態、地域の社会的、自然的条件等に応じた適切かつ有効な方法を硝酸性窒素等対策推進計画に盛り込み、連絡組織構成員の連携と協力のもとに推進する。

### ① 施肥対策

対策対象地域において、都道府県が定める施肥基準等の土壌管理に関する指導内容が遵守されていない場合は、施肥基準等の土壌管理に関する指導が遵守されるよう、指導内容の周知徹底を図る。

施肥基準が遵守されている場合であっても施肥に由来する地下水汚染がある場合は、現在の土壌管理方法を見直し、改善手法を検討する必要がある。

このため、「硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素に係る土壌管理指針」（平成13年7月2日付け環水土第123号環境省環境管理局水環境部土壌環境課長通知、平成13年7月2日付け13生産第2615号農林水産省生産局農産物振興課課長通知）に基づき、各作物ごとの土壌管理状況の把握・評価を適切に行い、土壌・作物診断に基づく適正施肥の徹底、堆肥等の有機質資材の品質の特性を把握した適正施肥の推進、肥効調節型肥料の活用等の新しい施肥技術の活用、作付け体系の見直し等の対策を推進する。

### ② 家畜排せつ物対策

家畜排せつ物については、「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」に基づき、家畜排せつ物の処理・保管施設の構造基準等を内容とした管理基準の遵守、施設整備の目標等を内容とした都道府県計画の下で家畜排せつ物の管理の適正化、利用の促進のための措置を講ずることとされている。同法に基づくこれらの措置は、家畜排せつ物に伴う汚濁負荷の低減に有効であり、対策対象地域に

において、同法に基づく対策の徹底、施設の重点的整備等を推進する他、地域の実情を踏まえ必要に応じ適切な対策を推進する。

### ③ 生活排水対策

生活排水からの負荷を低減するため、水質汚濁防止法に基づく生活排水対策の枠組みの活用を含め、下水道等生活排水処理施設の整備、合併処理浄化槽への切り替えの促進、浄化槽の適切な維持管理等の諸施策を推進する。

なお、生活排水の排水路等が十分に整備されておらず、これらの排水が地下浸透することにより、地下水が汚染されている地域においては、適切な放流先の確保等を図る。

### ④ 工場・事業場等の対策

工場・事業場の排出水の排出及び汚水等の地下浸透については、水質汚濁防止法等に基づく規制の措置を徹底する他、規制対象外の施設についても適切な対策を推進する。

## (3) 対策の進捗状況の確認

対策の実施後は、負荷発生源ごとの対策の実施状況、対象地域における公共用水域又は地下水の水質の状況等を経年的に把握することにより、対策の進捗状況を確認する。

対策の進捗状況の把握方法については、あらかじめ硝酸性窒素等対策推進計画に盛り込み、的確に把握できるようにする。

なお、水循環モデル等を利用した場合は、対策の効果を可視化できるため、対策の進捗確認が容易になる可能性がある。

### ① 負荷削減対策の実施状況の把握

硝酸性窒素等対策推進計画に示された具体的な目標及び対策ごとに、対策施設の整備状況、窒素供給量、窒素処理量等を調査する。調査が適切に実施されるよう、対策を行った事業者等において、対策の実施状況等の確認ができる一連の記録を作成・管理するよう指導する。

### ② 水質の状況の把握

汚染範囲の把握調査、資料等調査、原因究明調査等の結果を踏まえ、負荷発生源の立地・分布状況、地下水の流動状況、河川の流況等を勘案し、対策対象地域の公共用水域又は地下水の水質の経年的な変化や対策の効果を把握できる地点を選定する。

調査項目は、硝酸性窒素等とし、必要に応じて、負荷発生源の水質の特性を表す項目等を選定する。

## (4) 対策の継続・見直し

連絡組織において、対策の進捗状況を評価し、対策の継続、新たな対策や負荷削減目標の見直しの必要性等について検討する。

この検討結果を踏まえ、既存の対策の継続や新たな対策の推進等を実施する。

#### 4.6. 情報の公開等

水質の状況、対策の目標、対策の実施状況等については公開を原則とする。また、対策を適切に推進するとともに風評被害の防止の観点からも、対策対象地域の事業者及び住民並びにその他の住民等が正しい情報を共有できるよう、普及啓発、情報の提供を的確に実施する。



## 第Ⅱ編 参考資料編

## 1. 硝酸性窒素等による健康影響等

### 1.1. 人の健康影響

わが国では、地下水および公共用水域の水質汚濁に係る人の健康保護に関する環境基準項目として、1999年に硝酸性窒素等の合計の基準値を10mg/Lとすることが定められた。

地下水中の硝酸性窒素濃度が問題となり、硝酸性窒素等の地下水の環境基準が制定された背景には、欧米で1940～1950年代に多発した、高濃度の硝酸性窒素を含む井戸水を飲んだ乳幼児のメトヘモグロビン血症（酸素欠乏症）による死亡事故がある。

飲料水中の硝酸性窒素に起因した乳幼児のメトヘモグロビン血症は、1945年に初めて報告され、その後、北米とヨーロッパで約2,000の事例が報告され、そのうち7～8%が死亡したとされている。

1950年のAmerican Public Health Associationが全米48州及びアラスカ、ハワイで実施した、乳幼児のメトヘモグロビン血症に関するアンケート調査によれば、飲料水中の硝酸性窒素濃度が10mg/L以上で278以上の発症例が報告され、そのうち死亡例が39例あったとされている。10mg/L以下での発症例は0であった。1972年の米国のNSA（National Academy of Science）のCommittee on Nitrate Accumulationによると、井戸水や食品に起因したメトヘモグロビン血症は、米国で約350例、ヨーロッパで約1000例、うち80例が死亡例と報告している。

わが国では1996年、筑波大学附属病院の小児科グループによって井戸水の硝酸塩に起因するメトヘモグロビン血症の発症事例<sup>(7)</sup>が報告されている。

以下にその概要を紹介する。

- ◆ 患者は新生男児で、出産直後には皮膚が青紫色になるチアノーゼ症状はなく、哺乳力も良好で日齢5日目に産院を退院した。
- ◆ 自宅で煮沸した井戸水に溶かした粉ミルクを飲ませていたが、日齢10日目から哺乳力が低下し、呼吸に際して気道がぜいぜいと雑音を発する喘鳴が生じたため、日齢21日目に医者の診察を受けた後、入院となった。
- ◆ 入院時には全身に顕著なチアノーゼ、異常呼吸（陥没呼吸）が認められ、正常値に比べ血中のメトヘモグロビン値が異常に高かった。
- ◆ 病院での治療によりメトヘモグロビン濃度は急速に改善されたが、一時退院時に自宅で粉ミルク調整に使用していた井戸水で粉ミルクを飲ませたところ、数日後にメトヘモグロビンが上昇した。この井戸水を検査したところ、亜硝酸性窒素は検出されず、硝酸性窒素が36.2 mg/Lであった。
- ◆ 井戸水の使用を避けて治療を行ったところ徐々に改善し、生後6ヶ月目にはメトヘモグロビン値は正常値となった。
- ◆ 今回の発症例は先天的なものではなく井戸水の硝酸に起因する後天性メトヘモグロビン血症である。同じ井戸水を使用していた患者の家族の中で発症したのは乳児だけであったので、乳児は特に発症しやすいと思われる。

<sup>(7)</sup> 田中淳子、堀米仁志、今井博則、森山伸子、齋藤久子、田島静子、中村了正、滝田齊、井戸水が原因で高度のメトヘモグロビン血症を呈した1新生児例、小児科臨床、49: 1661-1665 (1996)。

- ◆ 患者の家とその周辺の家の井戸水の硝酸性窒素濃度は0.1～45.9 mg/L（平均18.0 mg/L）で、20戸中13戸の井戸水が水道法の基準である10 mg/Lを超えていた。
- ◆ 水道水を使用して乳児がメトヘモグロビン血症になった事例はないが、硝酸濃度の高い井戸水ではこの例のような危険が存在する。チアノーゼが発症するのは、メトヘモグロビンが10～30%に上昇してからであるため、そこに至らない軽度のメトヘモグロビン血症が見逃されている可能性がある。

硝酸性窒素は、それ自体は急性毒性をほとんど持たないが、乳幼児の胃の中で微生物により亜硝酸性窒素に還元された後体内に吸収され、血液中のヘモグロビンと結合し、酸素欠乏症を引き起こすといわれている。

亜硝酸性窒素の人への健康影響としては、メトヘモグロビン血症以外に、嘔吐、チアノーゼ、虚脱昏睡、血圧低下、脈拍増加、頭痛、視力障害等が見られる。また、亜硝酸塩は胃の内容物と反応してN-ニトロソ化合物を生成する。このN-ニトロソ化合物は動物に対して発ガン性を有することから、ヒトに対しても発ガン性を有する可能性があるが、十分な疫学的証拠は未だ得られていない。

飲用水中の亜硝酸性窒素については、平成25年3月の第14回厚生科学審議会生活環境水道部会において亜硝酸性窒素の評価値及び分類見直しに関して審議がなされ、平成26年4月1日に、亜硝酸性窒素に係る評価値の暫定値扱いを取りやめ、0.04mg/L（窒素として）が新たな評価値として設定された。

水中に存在する無機窒素化合物として、硝酸性窒素の前駆態であるアンモニア性窒素があるが、アンモニア性窒素には環境基準が設定されていない。これは、好気的な水環境中ではアンモニア性窒素は酸化されて硝酸性窒素になる。アンモニア性窒素の飲料水として水質基準は、浄水処理に影響を与える「その他の項目」として0.3mg/L程度以下が望ましいとされている。

水質中のアンモニア性窒素濃度が高くなると水質汚濁防止法の排水基準項目であるBOD（生物化学的酸素要求量）が高い値を示す。また、水道原水中で高濃度となった場合、殺菌用の塩素と反応してクロラミンが生成し、塩素の殺菌能力が阻害される懸念がある（武田、2001）。アンモニア性窒素は除去フィルターで濾過することができないため、現状の対策としては多量の塩素を添加せざるを得ない。

## 1.2. 家畜の硝酸性窒素被害

今雪ら（2010）は、牛の硝酸塩中毒は多量の硝酸塩を含む飼料作物や牧草の摂取により発生し、急性では、呼吸困難、粘膜蒼白となり死亡することがあるとしている。また近年、硝酸性窒素濃度の比較的高い飼料の長期摂取による流産、受胎不良といった慢性中毒の危険性も指摘されている。一方、一部の畜産経営においては、家畜糞尿の余剰が深刻な問題になっ

ており、飼料畑への家畜糞尿過剰施肥による硝酸性窒素濃度の高い自給飼料の生産が指摘されている<sup>(8)</sup>。

我が国では、人での中毒の報告はほとんどないものの、反すう家畜で、飼料作物中の硝酸性窒素により昭和 40 年から 46 年の間に 98 件、458 頭（うち 28 頭が死亡）に中毒が発生した事例が報告されている。近年では、平成 19 年に、硝酸性窒素を含む輸入乾牧草を原因とする牛の中毒事例（8 頭死亡）が報告されている<sup>(9)</sup>。

表 1.2-1 日本における家畜の硝酸塩中毒事例

年	場 所	概 要
1990年	埼玉県	成牛3頭が急死。牧草の硝酸塩濃度は6,800ppm、牧草地に生フンを施肥。
1991年	長野県	和牛1頭死亡。青刈牧草から5,000ppm。
1992年	栃木県	成牛4頭急死。青刈牧草から4,500ppm。
1993年	三重県	豚が急死。微生物を利用した糞尿処理システムでの処理水を房内に散布したところ豚が急死。処理水の硝酸塩濃度は200～500ppm。処理水を飲水させた再現試験でも急死。
1994年	沖縄県	アカシカ牧場で65頭が、食欲不振・嘔吐・起立困難・全身麻痺で急死。豚の生糞尿を散布した採草地や牧草地からの牧草を給餌していた。牧草及尿から高濃度の硝酸塩検出。
2005年	埼玉県	和牛2頭急死。牧草から8,600ppm。圃場への過剰な生糞尿還元が原因と推定。
2005年	宮崎県	黒毛和牛11頭中2頭死亡、1頭が回復せず廃用。飼料から10,000ppmの硝酸塩が検出された。

(出典：調査研究報告書「硝酸態窒素の問題点と解決方法」(豊中市立生活情報センター「くらしかん」助成事業 2012年4月))

牛は反芻動物の仲間胃袋が4つあり、第1胃には微生物が多数生息しており、硝酸塩が含まれる牧草を食べると、微生物によって硝酸塩が亜硝酸イオンへ変化し、さらにアンモニアに分解される。これらの反応はゆっくりと起こるため、通常は中毒にはならないが、高濃度の硝酸塩を含むと、胃から多量の亜硝酸イオンが吸収されて血液に入り、メトヘモグロビン血症となり、症状がひどい場合は酸素不足となり窒息死する。胃を4つ持つ反すう動物、家畜では牛の他に、ヤギ、羊では硝酸塩による中毒を起こしやすいとされている。

なお、成人のヒトの場合は、胃の中のpHが低いため、微生物がほとんど存在せず、微生物による還元は少ない。

家畜の硝酸性窒素中毒に関しては、(国研)農業・食品産業技術総合研究機構 動物衛生研究所のホームページ ([http://www.naro.affrc.go.jp/org/niah/disease\\_poisoning/NO3.html](http://www.naro.affrc.go.jp/org/niah/disease_poisoning/NO3.html)) で、詳細な情報が提供されている。

<sup>(8)</sup> 今雪幹也、坂下奈津美、三好里美、光野貴文、自給飼料中硝酸態窒素濃度の状況と乳用牛における繁殖への影響、香川県平成22年度家畜保健衛生業績発表会資料 (<http://www.pref.kagawa.lg.jp/chikusan/eisei/H22/22-3.pdf>)。

<sup>(9)</sup> 農林水産省、食品安全に関するリスクプロファイルシート(硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素/硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素) ([http://www.maff.go.jp/j/syouan/seisaku/risk\\_analysis/priority/pdf/151202\\_nitrate.pdf](http://www.maff.go.jp/j/syouan/seisaku/risk_analysis/priority/pdf/151202_nitrate.pdf))



家畜の硝酸性窒素中毒事例は、いずれも地下水を飲用したものではなく、主として家畜排泄物の不適切な牧草地への散布等による牧草への高濃度の硝酸塩の蓄積が原因であるが、家畜は大量に水を摂取するため、硝酸性窒素濃度が高い地下水を家畜の飲用水源とする場合は注意が必要と思われる。

## 2. 硝酸性窒素等による地下水汚染の状況

地下水の水質（以下、「地下水質」という）については、水質汚濁防止法第15条に基づき、都道府県知事が水質の汚濁の状況を常時監視し、その結果を環境大臣に報告することとされている。平成元年度以来、都道府県知事が毎年度作成する水質測定計画に従って、国及び地方公共団体によって地下水質の測定が実施されている。

### 2.1. 硝酸性窒素等に係る地下水の常時監視調査結果の概要

以下は、平成26年度に実施された地下水質の測定結果（環境省水・大気環境局「平成26年度地下水質測定結果」（<http://www.env.go.jp/water/report/h27-02/index.html>））から、硝酸性窒素等に関する部分を抜粋して取りまとめたものである。

#### (1) 調査実施状況

##### ① 各調査の実施状況

硝酸性窒素等に関して平成26年度に調査が行われた井戸数は、以下のとおりである。

- 概況調査 : 3,084 本
- 汚染井戸周辺地区調査 : 266 本
- 継続監視調査 : 1,661 本

（日本の全市区町村数は、平成26年4月5日現在1,718市区町村（総務省データによる））

#### (2) 調査結果

##### ① 概況調査

表2.1-1に概況調査の結果を示す。

硝酸性窒素等に関して調査を実施した井戸3,084本のうち、90本の井戸において環境基準超過が見られ、全体の環境基準超過率（＝何らかの項目で環境基準を超過した井戸数／全調査井戸数）は2.9%であり、前年度（3.3%）からわずかに減少した。

なお、概況調査は、地下水汚染を発見するために、地域をメッシュ等に分割し、順次調査を行い、地域の全体的な地下水質の状況を把握するよう計画されている。このため、前年度とは調査対象の井戸が異なることから、単純には比較できないことに留意する必要がある。

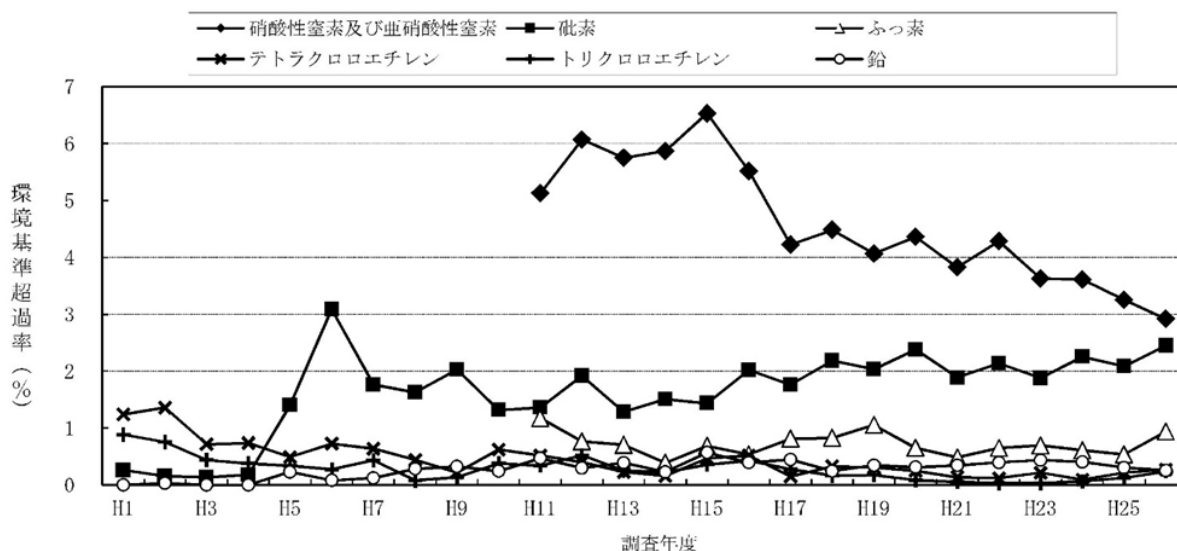
表 2.1-1 概況調査の結果

項目	概況調査結果			(参考)H25年度 概況調査結果	
	調査数(本)	検出数(本) 検出数(%)	超過数(本) 超過率(%)	調査数(本)	超過数(本) 超過率(%)
硝酸性窒素等	3,084	2,658 86.2%	90 2.9%	3,289	107 3.3%

注：検出数とは各項目の物質を検出した井戸の数であり、検出率とは調査数に対する検出数の割合である。超過数とは環境基準を超過した井戸の数であり、超過率とは調査数に対する超過数の割合である。環境基準超過の評価は年間平均値による。

また、図2.1-1に概況調査における環境基準超過率の推移を示す。

毎年度、同一の井戸で測定を行っているわけではないので注意が必要であるが、概況調査における硝酸性窒素等の環境基準超過率は、最近では、3%前後で推移している。



注：概況調査における測定井戸は、年度ごとに異なる（同一の井戸で毎年度測定を行っているわけではない。）。

図 2.1-1 概況調査における環境基準超過率の推移

### ② 汚染井戸周辺地区調査

汚染井戸周辺地区調査結果を表 2.1-2 に示す。

汚染井戸周辺地区調査は、概況調査等で汚染が判明している井戸の周辺で行われるため、この調査の実施状況は、新たな汚染発見の傾向と見ることができる。調査を実施した井戸 266 本のうち、環境基準超過が見られた井戸は 42 本（15.8%）であり、前年度の 60 本から 18 本減少した。

表 2.1-2 汚染井戸周辺地区調査の結果

項目	汚染井戸周辺地区調査結果			(参考)H24年度 汚染井戸周辺地区調査結果	
	調査数(本)	検出数(本) 検出率(%)	超過数(本) 超過率(%)	調査数(本)	超過数(本) 超過率(%)
硝酸性窒素等	266	251 94.4%	42 15.8%	389	60 15.4%

注：検出数とは各項目の物質を検出した井戸の数であり、検出率とは調査数に対する検出数の割合である。超過数とは環境基準を超過した井戸の数であり、超過率とは調査数に対する超過数の割合である。環境基準超過の評価は年間平均値による。

### ③ 継続監視調査

継続監視調査結果を表 2.1-3 に示す。

継続監視調査は、概況調査等で汚染が確認された後に継続的に監視することを目的に実施され、汚染が改善されれば調査対象から除かれるため、継続監視調査の結果から現在の汚染の存在状況を見ることができる。

調査を実施した井戸 1,661 本のうち、環境基準超過が見られた井戸は 733 本 (44.1%) であり、前年度の 760 本から 27 本減少した。

表 2.1-3 継続監視調査の結果

項目	継続監視調査結果			(参考)H23年度 継続監視調査結果	
	調査数(本)	検出数(本) 検出数(%)	超過数(本) 超過率(%)	調査数(本)	超過数(本) 超過率(%)
硝酸性窒素等	1,661	1,639 98.7%	733 44.1%	1,629	760 46.7%

注：検出数とは各項目の物質を検出した井戸の数であり、検出率とは調査数に対する検出数の割合である。超過数とは環境基準を超過した井戸の数であり、超過率とは調査数に対する超過数の割合である。環境基準超過の評価は年間平均値による。

また、図 2.1-2 に継続監視調査における環境基準超過本数の推移を示す。

継続監視調査における硝酸性窒素等の環境基準超過本数は、750 本前後で推移している。

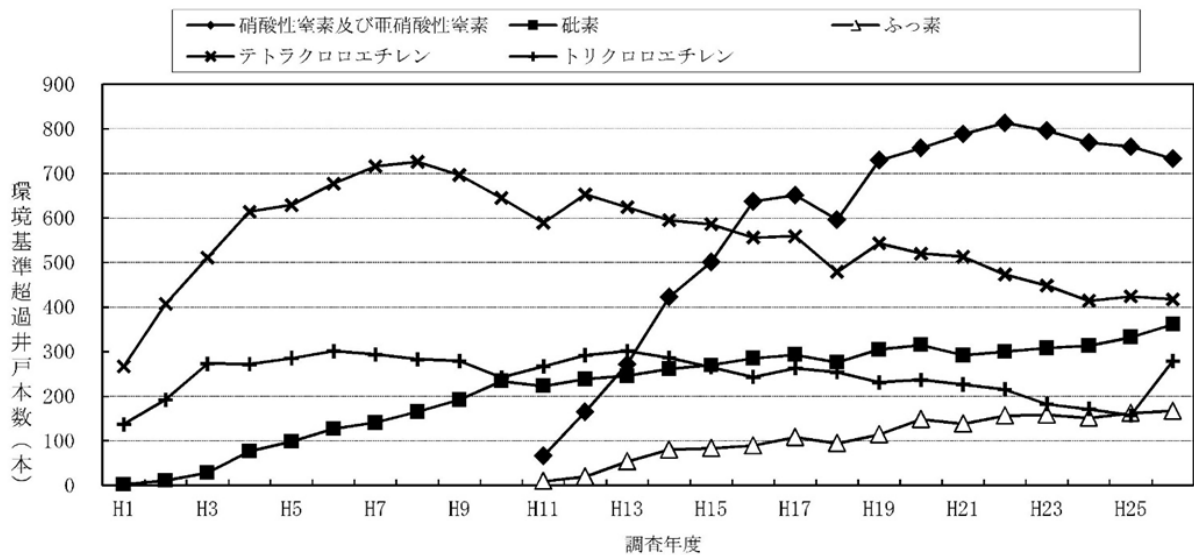
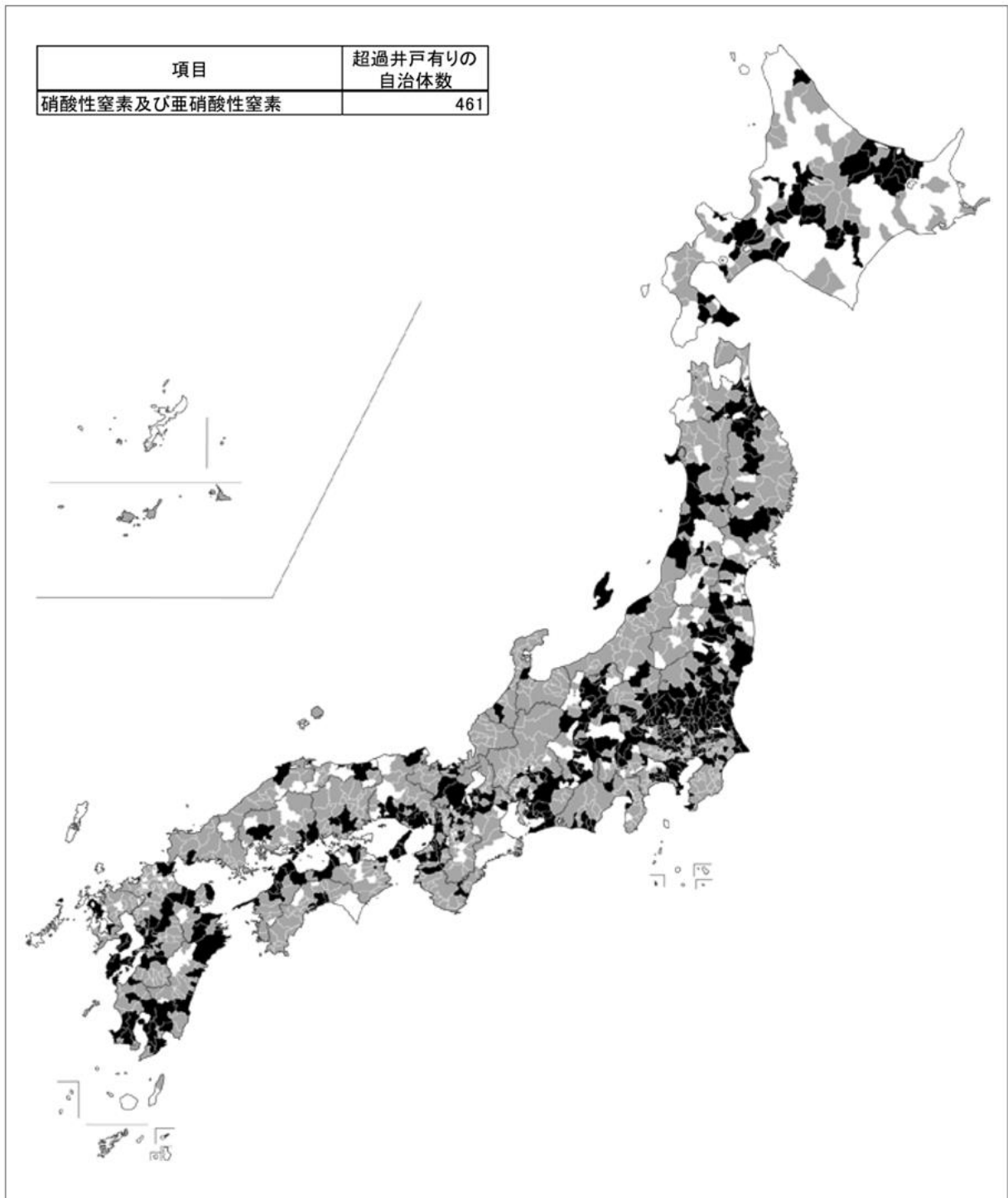


図 2.1-2 継続監視調査における環境基準超過井戸本数の推移

注：硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素、ふっ素は、平成 11 年に環境基準項目に追加された。

図 2.1-3 に環境基準超過井戸が存在する市区町村を示す。比較的、日本海側に少ないが、ほぼ全国的に分布している。



(注) 超過井戸の存在状況を市区町村単位で色付けしたものであり、地下水汚染の範囲を示すものではない。

- 調査井戸無し
- 超過井戸無し
- 超過井戸有り

(平成 22～平成 26 年度の全調査区分における超過井戸の有無)

図 2. 1 - 3 環境基準超過井戸が存在する市区町村図

## 2.2. 地下水の硝酸性窒素等による汚染原因

環境省は、毎年度、都道府県及び水質汚濁防止法政令市（以下、「都道府県等」という）を対象として、全国の地下水汚染事例に関する調査実施状況、汚染原因把握状況、対策の実施状況等の実態を把握するために「地下水汚染に関するアンケート調査」を実施している。以下は、平成26年度の調査結果をとりまとめたものである。

なお、これまでに報告した地下水汚染事例の結果については、都道府県等によるその後の調査等により変更される場合があるため、本調査結果は昨年度に公表した平成25年度末までの地下水汚染事例の調査結果に、平成26年度に新規に判明した地下水汚染事例の数を単に追加したのではないことに留意する必要がある。

### (1) 汚染原因の把握状況

地下水汚染が判明した場合は、都道府県等によって、汚染源の特定等の調査が行われている。全事例2,758件について、汚染原因の把握状況を表2.2-1に示す。

硝酸性窒素等による地下水汚染事例で、原因が「特定又は推定」されているのは、1,515事例（55%）であった。

汚染原因が「不明」の場合については、調査実施状況ごとの内訳についても整理した。硝酸性窒素等による地下水汚染事例については、汚染原因が不明であるにも関わらず、「調査実施予定なし」の事例の割合が48%と、他と比較して非常に高かった。この理由として、以下のことが考えられる。

- 汚染源に係る情報が不足している。
- 状況的に汚染原因は想定できるが、特定は難しい。
- 硝酸性窒素等による地下水汚染は広範囲におよぶことが多く、原因究明調査が困難である。

このように、硝酸性窒素等による地下水汚染事例については、原因究明調査実施の困難性が多数挙げられている。

表2.2-1 硝酸性窒素等による地下水汚染原因の把握状況

汚染原因の把握状況		件数
特定又は推定		1,515 (1,323)
不明	小計	1,243 (974)
	調査完了したが不明	521 (340)
	調査中	74 (62)
	調査実施予定	56 (50)
	調査実施予定なし	592 (522)
母数		2,758 (2,297)

注1：括弧内の数値は、平成26年度末時点の「超過事例」及び「一時達成事例」の合計数。（内数）

注2：無回答があるため、各件数の和と母数は必ずしも一致しない。

## ① 汚染原因

前述において汚染原因が特定又は推定された事例 1,515 件について、汚染原因を表 2.2-2、図 2.2-1 に示す。

各項目分類別の主な汚染原因は、以下のとおりであった。硝酸性窒素等による汚染原因の約 9 割は「施肥」であり、次いで「家畜排せつ物」と「生活排水」がそれぞれ約 4 割と多かった。

- 「施肥」 (1,412 件、母数の 93%)
- 「家畜排せつ物」 (622 件、同 41%)
- 「生活排水」 (598 件、同 40%)

その他の汚染原因として以下のようなものが挙げられていた。

- 浄化槽の工事による汚染

表 2.2-2 汚染原因

汚染原因（複数回答有）	件数
工場・事業場	0 (0)
廃棄物	3 (2)
家畜排せつ物	622 (558)
施肥	1,412 (1,240)
生活排水	598 (527)
自然的要因	18 (14)
その他	5 (5)
母数	1,515 (1,323)

注 1：括弧内の数値は、平成 26 年度末時点の「超過事例」及び「一時達成事例」の合計数（内数）

注 2：下の例のように複数の汚染原因による事例があるため、各件数の和と母数は必ずしも一致しない。例）硝酸・亜硝酸の事例で同地域の施肥と家畜排せつ物等明確に分離できない例がある。

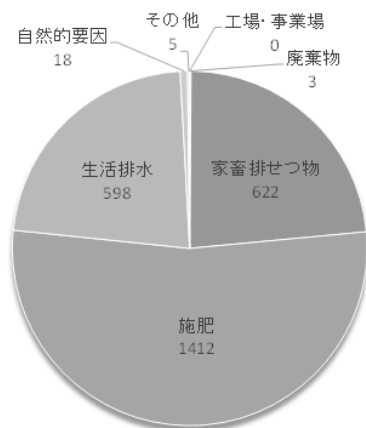


図 2.2-1 硝酸性窒素等による地下水汚染の原因（数字は件数）

## ② 自然的要因による汚染とその判断根拠

硝酸性窒素等による地下水汚染事例において、汚染原因が自然的要因によるとされたものが18件あった。

自然的要因による汚染については、周辺の金属鉱床等に含まれる元素又は化合物に該当し、かつ調査地点における汚染物質に因果関係が認められること、また、調査地点周辺において汚染物質の使用履歴や不法投棄等が見当たらないこと等を確認した上で、専門家の助言を得て総合的に判断することが望ましいとされている。自然的要因による汚染と特定又は推定された事例18件について、その判断根拠を表2.2-3に示す。

硝酸性窒素等による地下水汚染事例の場合、主な判断根拠は、「周辺に発生源が存在しない」が最も多かった。

表2.2-3 自然的要因による汚染と判断した根拠

自然的要因と判断した根拠（複数回答有）	件数
ボーリング調査、地質調査の実施により判断	0
水質の解析や土壌ガスの解析により判断	0
地理的・地質的特徴から判断	1
周辺に発生源が存在しない	16
文献や過去の調査報告から自然的要因による汚染地域であることが以前からわかっていた	1
その他	2
根拠不明	2
母数	18

注：複数回答及び複数項目による事例があるため、各件数の和と母数は必ずしも一致しない。

## 2.3. 硝酸性窒素等による地下水汚染対策の状況

硝酸性窒素等による地下水汚染は、汚染原因が多岐に渡るとともに有効な対策が地域ごとに異なることから、地域の自然的・社会的特性、汚染実態、発生源等の状況に応じた有効な対策を講ずることが必要である。

環境省では、平成13年7月に、硝酸性窒素等による地下水汚染に対する汚染原因の把握や負荷低減対策等を推進する際の調査及び対策手法を示した「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」を策定した。

### (1) 硝酸性窒素等対策に係る連絡組織等の設置状況

上記のとおり、硝酸性窒素等による地下水汚染の主な原因は、施肥、家畜排せつ物、生活排水である。そのため、硝酸性窒素等による地下水汚染対策を推進するためには、対策対象地域の関係者（環境部局、農業・畜産部局、生活排水対策部局、水道部局等行政機関



に加え、農業協同組合、自治会、事業者団体、有識者等）で構成する連絡組織等を設置し、この連絡組織において、汚染範囲、汚染原因、対策対象地域等の共通認識を持ち、窒素負荷発生源ごとの窒素負荷低減の目標の設定、目標達成のための対策について検討することが重要である。

硝酸性窒素等による地下水汚染事例 2,758 件について、連絡組織等が設置されている事例の状況を表 2.3-1 に示す。

連絡組織等が設置された事例件数は 428 件で、事例全体の 16% であった。

表 2.3-1 硝酸性窒素等対策に係る連絡組織等が設置されている事例の状況

連絡組織等の設置状況		件数		
		合計	汚染原因が 特定又は推定	汚染原因が 不明
小計		428 (394)	358 (341)	70 (53)
連絡組織等 の設置済み	都道府県や市町村等の広域単位 や複数地域の合同連絡組織	356 (339)	305 (293)	51 (46)
	汚染地域単位の連絡組織	85 (68)	64 (59)	21 (9)
小計		88 (86)	74 (73)	14 (13)
連絡組織等 の設置予定	都道府県や市町村等の広域単位 や複数地域の合同連絡組織	35 (35)	34 (34)	1 (1)
	汚染地域単位の連絡組織	53 (51)	40 (39)	13 (12)
設置の予定なし・無回答		2,242 (1,817)	1,083 (909)	1,159 (908)
母数		2,758 (2,297)	1,515 (1,323)	1,243 (974)

注 1：括弧内の数値は、平成 26 年度末時点の超過事例及び一時達成事例の合計数。（内数）

注 2：複数回答があるため、各件数の和と小計は必ずしも一致しない。また汚染原因の把握状況で無回答の事例があるため、各件数の和と合計は必ずしも一致しない。

## (2) 硝酸性窒素等対策推進計画等の策定状況

硝酸性窒素等対策の推進のためには、都道府県等によって、窒素負荷低減目標及び対策、対策の進捗状況の確認手法等を明確にした硝酸性窒素対策推進計画等を策定し、それに基づいて対策を実施することが重要である。このような硝酸性窒素等対策推進計画等が策定されている事例の状況を表 2.3-2 に示す。また、平成 26 年度末時点までに環境省で把握した計画等名称一覧を表 2.3-3 に示す。

硝酸性窒素等対策推進計画等が策定された事例件数は 110 件で、硝酸性窒素等による地下水汚染事例全体の 4% であった。

表 2.3-2 硝酸性窒素等対策推進計画等が策定されている事例の状況

硝酸性窒素等対策推進計画等の策定状況	件数 (各計画策定状況に該当する事例件数)		
	合計	汚染原因が特定又は推定	汚染原因が不明
策定済み	110 (100)	95 (85)	15 (15)
策定予定	203 (191)	197 (185)	6 (6)
策定の予定なし・無回答	2,445 (2,006)	1,223 (1,053)	1,222 (953)
母数	2,758 (2,297)	1,515 (1,323)	1,243 (974)

注1：括弧内の数値は、平成26年度末時点の超過事例及び一時達成事例の合計数（内数）。

注2：汚染原因の把握状況で無回答の事例があるため、各件数の和と合計は必ずしも一致しない。

（出典：図2.1-3と同じ）

以下に、自治体における硝酸性窒素等対策推進計画の概要を示す。

表 2.3-3 硝酸性窒素等対策推進計画の策定状況（平成26年度末時点）

（出典：[http://www.env.go.jp/water/chikasui/no3\\_project/index.html](http://www.env.go.jp/water/chikasui/no3_project/index.html)）

都道府県等	計画名	策定時期 策定主体	計画対象地域	対策の概要
北海道	硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素に係る健全な水循環確保のための基本方針	平成16年4月 北海道環境生活部	北海道	1. 計画期間：H16年度～H26年度 中間目標年次：H19年度 2. 目標：観測井戸水質の環境基準達成 3. 対策：適正施肥 ・「北海道施肥ガイド(H14)」 ・「硝酸性窒素汚染防止のための施肥管理の手引」 ・家畜排せつ物の適正処理 ・町村部の生活排水処理の向上 4. 市町村協議会の設置
	硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素に係る健全な水循環確保のための基本方針に基づく実施要領	平成16年7月 北海道環境生活部・農政部	北海道	
山形県	硝酸性窒素削減対策計画	平成17年3月 硝酸性窒素対策連絡調整会議	山形県東根市、天童市の一部	1. 計画期間：H17年度～H36年度 第一次計画期間：H17～H27年度 2. 目標：観測井戸水質の環境基準達成 3. 対策：適正施肥、エコファーマー ・生活排水処理率の向上 ・家畜排せつ物の不適正処理
愛媛県	愛媛県環境保全型農業推進基本方針	平成23年11月 (改正) 愛媛県	愛媛県内	1. 計画期間：H12年度～H27年度 2. 目標： ・化学肥料窒素成分使用量 6.5(kg/10a) ・化学合成農薬使用量 6.5(kg/10a) ・エコファーマー取組面積 1,200(ha) ・エコえひめ農産物取組面積 1,080(ha) ・農業用廃プラスチック再生処理率 100(%) ・有機農業取組面積 475(ha)

都道府県等	計画名	策定期期 策定主体	計画対象地域	対策の概要
長崎県	島原半島における硝酸性窒素等による地下水汚染対策の基本方針	平成18年1月 島原半島窒素負荷低減対策会議	島原半島（島原市、雲仙市、南島原市）	<p>1. 短期目標（H18年度から毎年度） 硝酸性窒素等の濃度が現状より悪化しないこと</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・中期目標（H22年度目途） 環境基準超過地点数の減少</li> <li>・長期目標（H27年度目途） 環境基準超過率が50%以下</li> <li>・最終目標 全地点で環境基準達成</li> </ul> <p>2. 対策：施肥対策</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・家畜排せつ物対策</li> <li>・構築連携対策</li> <li>・生活排水対策</li> </ul>
	第2期島原半島窒素負荷低減計画	平成23年2月 島原半島窒素負荷低減対策会議	島原半島（島原市、雲仙市、南島原市）	
熊本県	荒尾地域硝酸性窒素削減計画	平成15年3月 熊本県	熊本県荒尾市	<p>1. 計画期間：H15年度～H34年度 初期段階：H15年度～H22年度</p> <p>2. 初期目標：指標井戸について、基準超過井戸が10%以下(H14 25.7%) 5～10mg/Lの井戸が20%以下(H14 48.6%) 最終目標：全ての指標井戸で環境基準と管理水質(5mg/L)を達成</p> <p>3. 対策：施肥対策</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・家畜排せつ物対策</li> <li>・生活排水対策</li> <li>・窒素流通対策と啓発対策</li> </ul>
	熊本地域硝酸性窒素削減計画	平成17年3月 熊本県	熊本地域（熊本市、菊池市[旧旭志村及び旧泗水町に属する地域に限る]、宇土市、合志市、大津町、菊陽町、西原村、御船町、嘉島町、益城町、甲佐町）	<p>1. 計画期間：H17年度～H36年度 中間年度：H26年度</p> <p>2. 初期目標：指標井戸について、基準超過井戸が5%以下(H15 14.4%) 5～10mg/Lの井戸が10%以下(H15 24.4%) 最終目標：全ての指標井戸で環境基準と管理水質(5mg/L)を達成</p> <p>3. 対策：施肥対策</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・家畜排せつ物対策</li> <li>・生活排水対策</li> <li>・窒素流通対策</li> <li>・啓発対策</li> </ul>
熊本市	第3次熊本市硝酸性窒素削減計画	平成27年3月 熊本市	熊本市	<p>1. 計画期間：H19年度～H36年度 4年ごと見直し第1次～第4次 中間年度：H26年度</p> <p>2. 指標と目標値(H26)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・化学肥料の投入量：4,800t以下</li> <li>・土壌分析実施数：1,500件</li> <li>・適正施肥検討農家数：延べ1,250戸</li> <li>・エコファーマー戸数：1,500戸</li> <li>・簡易処理堆肥舎数：10か所以下</li> <li>・自然硫化式畜舎数：6か所以下</li> <li>・自給飼料の作付面積：700ha</li> <li>・畜産農家間での堆肥流通量：300t</li> <li>・適正な堆きゅう肥施用検討農地：200点</li> </ul>

都道府 県等	計画名	策定期期 策定主体	計画対象地域	対策の概要
				<ul style="list-style-type: none"> <li>・堆きゅう肥生産割合 : 35%</li> <li>・堆きゅう肥流通割合 : 6,750 t</li> <li>・汚水処理率 : 94.8%</li> <li>・合併処理浄化槽整備率 : 5.9%</li> <li>・地下水人工涵養量 : 3,000 万m<sup>3</sup></li> <li>・地下水採取量削減量 : 480 万m<sup>3</sup></li> <li>・市民の家庭用水等使用量 : 230L/人日</li> </ul>
宮崎県 及び 鹿児島県	都城盆地硝酸 性窒素削減対 策基本計画	平成 16 年 6 月 [都城盆地硝酸 性窒素対策推進 連絡会議] 宮崎県、鹿児島 県及び都城盆地 内の 1 市 8 町	宮崎県の 1 市 6 町（都城市、三 股町、山之口町、 高城町、山田町、 高崎町、高原町） と鹿児島県の 2 町（財部町、末 吉町（現在の曾 於市の一部））	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 計画期間 : H16 年度～H32 年度 第 1 ステップ : H16～H22(評価見直し) 第 2 ステップ : H23～H27(評価見直し) 第 3 ステップ : H28～H32(評価見直し)</li> <li>2. 目標 : 全ての井戸で環境基準を達成</li> <li>3. 対策 : 家畜排せつ物対策 <ul style="list-style-type: none"> <li>・施肥対策</li> <li>・生活排水対策</li> </ul> </li> </ol>
	都城盆地硝酸性 窒素削減対策実 行計画（第 2 ス テップ）	平成 24 年 2 月 都城盆地硝酸性 窒素削減対策協 議会	宮崎県の 1 市 2 町（都城市（旧 山之口町、旧高 城町、旧山田町 及び旧高崎町を 含む）、三股町、 高原町）と鹿児 島県曾於市の一 部（旧財部町、 旧末吉町）	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 計画期間 : H16 年度～H32 年度 第 1 ステップ : H16～H22(評価見直し) 第 2 ステップ : H23～H27(評価見直し) 第 3 ステップ : H28～H32(評価見直し)</li> <li>2. 目標 : 全ての井戸で環境基準を達成</li> <li>3. 対策 : H27 年目標値 <ul style="list-style-type: none"> <li>・家畜排せつ物処理農家巡回数 : 300 戸</li> <li>・畜ふん発電の原料確保目標 : 200,000 t</li> <li>・土壌診断件数 : 1,500 件</li> <li>・簡易診断件数 : 1,000 件</li> <li>・エコファーマー認定数 : 760 人</li> <li>・生活排水処理率 : 68%</li> </ul> </li> </ol>
宮古島 市	第 3 次宮古島市 地下水利用基本 計画	平成 23 年 3 月 宮古島市	宮古島市	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 計画期間 : H23 年度～H32 年度</li> <li>2. 対策 : 地下水利用の需給バランスを基本とした 負荷削減対策 <ul style="list-style-type: none"> <li>・家畜排せつ物対策</li> <li>・施肥対策</li> <li>・生活排水対策</li> </ul> </li> </ol>

(注) 環境省に対して情報提供のあった硝酸性窒素等対策推進計画等を取りまとめたもの。

## 2.4. 窒素負荷低減対策の実施状況

施肥、家畜排せつ物、生活排水に起因する硝酸性窒素等による地下水汚染は、広範囲に及ぶ場合が多いため、発生源対策、すなわち地下水への窒素負荷低減が重要な対策となる。具体的な内容としては、施肥については都道府県等が定める施肥基準等の土壌管理に関する指導内容の遵守、家畜排せつ物については「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」に基づく措置の推進や野積み・素掘り等の不適切な管理の解消、生活排水については下水道等生活排水処理施設の整備、生活排水の排水路等の整備といった対策がある。

硝酸性窒素等による地下水汚染の事例 2,758 件について、窒素負荷低減対策の実施状況を表 2.4-1 に示す。窒素負荷低減対策を実施しているのは 908 件で、硝酸性窒素等による地下水汚染事例の 33% であった。汚染原因が特定又は推定されている事例で窒素負荷低減対策が実施されているのは、以下のとおりであった。

- 施肥による汚染事例 1,412 件中 641 件 (45%)
- 家畜排せつ物による汚染事例 622 件中 474 件 (76%)
- 生活排水による汚染事例 598 件中 415 件 (69%)

一方、汚染原因が不明である事例については、窒素負荷低減対策に取り組む割合は少ない (1,243 件中 229 件、18%)。窒素負荷低減対策の推進のためには、その前段階である汚染原因の究明を、より一層推進する必要があると考えられる。さらに、汚染原因の全てが明確になっていない段階でも、負荷発生源と汚染との間に相応の関係が認められる場合は、負荷低減対策を実施することが必要である。

表 2.4-1 窒素負荷低減対策等の内容

窒素負荷低減対策 の実施状況	合計	件 数	
		汚染原因が特定又は推定 (参考)各原因による硝酸性窒素等 による地下水汚染事例の件数	汚染原因 が不明
窒素負荷低減対策実施 (複数回答有り)	908 (837)	679 (630)	229 (207)
家畜排せつ物の 適正処理	672 (623)	474 (440)	198 (183)
施肥量の適正化	862 (794)	641 (594)	221 (200)
生活排水の適正 処理	544 (500)	415 (392)	129 (108)
その他	11 (10)	9 (8)	2 (2)
検討中	483 (419)	350 (308)	133 (111)
予定なし・無回答	1,387 (1,061)	506 (405)	881 (656)
母数	2,758 (2,297)	1,515 (1,323)	1,243 (974)

注 1：括弧内の数値は、平成 26 年度末時点の超過事例及び一時達成事例の合計数（内数）。

注 2：窒素負荷低減対策に複数回答や汚染原因の把握状況に無回答があるため、各件数の和と母数や合計は必ずしも一致しない。

### 3. 自然界における窒素の循環と地下水汚染

窒素は大気中に酸素と共に存在し、また、植物や動物等の有機物の主要構成元素であるので、自然界に普遍的に存在し、循環している。産業革命以前の窒素の循環は、細菌と植物のみが大気中の窒素を固定して有機物を合成していたため、うまく自然の循環が成立していたが、近代になって化学工業技術が進歩し、化学的に大気中の窒素を固定し、化学肥料として農地に散布するようになったため、循環量のバランスが大きく変化した。この他、産業の進歩に伴い、燃料（石油、石炭等）の燃焼によって燃料中の窒素は、窒素酸化物として大量に大気中に排出されるようになったことも窒素の循環のバランスを変化させる要因となった。

#### 3.1. 土壌環境中における窒素の動態

土壌環境中の窒素は、自然状態では、ほとんどが有機態窒素として存在している。

これは、土壌微生物が大気中の窒素ガスを固定し、又は土壌中の無機態窒素を有機化して体内組織として有機態窒素を生成することによる。微生物の死滅後、有機態窒素は分解しアンモニア性窒素となる。アンモニア性窒素の一部は揮散し大気中に放出され、またその一部は養分となり植物に吸収され再び有機態窒素に変化する。土壌に残ったアンモニア性窒素は、好気的条件下で土壌微生物により硝化され、亜硝酸性窒素を経て硝酸性窒素に変化する。硝酸性窒素は土壌に吸着されにくいいため、一部は土壌水とともに下層へ溶脱され地下水へ移行する。また、嫌気的条件下で硝酸性窒素は、土壌微生物により脱窒作用を受け、亜酸化窒素や窒素ガスに変化し、大気中へ放出される。

近年、有機態窒素やアンモニア性窒素が大量に土壌中に供給されることにより、土壌中の窒素循環のバランスが崩れ、硝酸性窒素等の地下水への移行が増大し、一部の地域において硝酸性窒素等による地下水汚染が生じている。

図3.1-1に、環境中の窒素の形態と変換過程を示す。

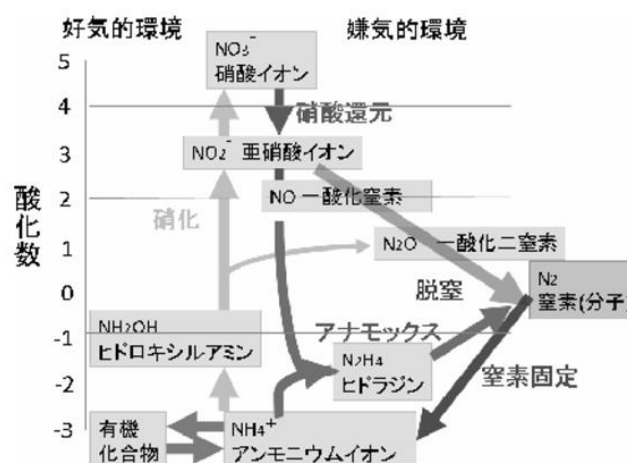
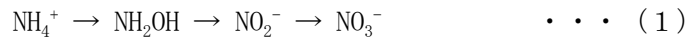


図3.1-1 環境中の窒素の形態と変換過程

(出典：(独) 科学技術振興機構研究開発戦略センター戦略プロポーザル「持続的窒素循環に向けた統合的研究推進 2012」より, Canfield ほか (2011) の図から簡略化。)

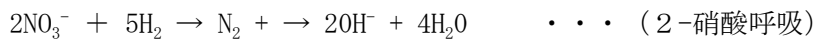
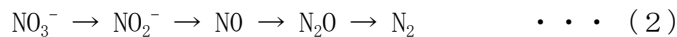
### (1) 硝化過程

土壌中のアンモニア性窒素が好氣的条件下で硝化菌によって硝酸性窒素にまで変化する過程を硝化過程という。硝化過程を(1)式に示す。



### (2) 脱窒過程

湛水土壤等の嫌氣的条件下で硝酸性窒素が脱窒菌により還元され、亜酸化窒素を経由して窒素ガスに変化する過程を脱窒過程という。脱窒過程を(2)式に示す。



### (3) (アンモニア) 揮散

施設土壌や水田土壌等で土壌 pH が高くなると、土壌中のアンモニア性窒素はアンモニアガスとなり大気中に揮散する。

### (4) 無機化

土壌中の有機態窒素が微生物により分解されてアンモニア性窒素に変化する過程を無機化という。

### (5) 有機化

土壌微生物が菌体合成のために無機態窒素を吸収し、有機態窒素に変換することを有機化という。

微生物の菌体や代謝産物、植物体中に含まれる有機態窒素は、タンパク態窒素、アミノ糖態窒素、核酸態窒素等にわけられる。

### (6) 窒素固定

大気中の窒素ガス ( $\text{N}_2$ ) が空中窒素固定菌や藻類等によって有機物として固定されることを窒素固定という。光合成細菌、らん藻、従属栄養細菌等は単独で、根粒菌はマメ科植物に共生して窒素固定を行う。

### (7) 植物吸収

植物は養分としてアンモニア性窒素や硝酸性窒素等の無機態窒素を吸収しており、各植物により窒素の利用率が異なる。水稻や茶樹等のアンモニア性窒素でよりよく生育する好アンモニア性植物と畑作物等の硝酸性窒素でよりよく生育する好硝酸性植物に分けられる。

### (8) 溶脱

植物吸収、脱窒、有機化等に利用されずに土壌中に残った硝酸性窒素の一部は、間隙水を経て地下水へ溶脱される。硝酸イオンは陰イオンであるため、土壌には吸着されず、水の流動とともに移動する。

### (9) 蓄積

硝化・植物吸収、脱窒等の過程を受けずに土壌中に残った有機態の窒素分は、そのまま土壌中に保存され、蓄積していく。毎年の施肥等で土壌中に蓄積される窒素量が年々増加

する場合、溶脱量は大きくなるので地下水汚染を引き起こすリスクは高くなる（蓄積量×溶脱係数(定数)＝溶脱量）。

### 3.2. 窒素循環における硝酸性窒素の生成因子

#### (1) 植生

森林伐採の結果、植物吸収や微生物等による窒素の有機化が減少し、窒素の無機化が促進され硝酸性窒素の溶脱が起こる。また、樹木による雨水の吸収が低下した結果、土壌が湿潤化し嫌氣的条件となり、脱窒反応を促進し、一部の硝酸性窒素は亜酸化窒素や窒素ガスになって大気圏へ揮散する。揮散する亜酸化窒素は、地球温暖化効果の高いガスであり、窒素循環は地球温暖化防止対策の観点からも重要である。

#### (2) 微生物

土壌中で窒素循環に係わる微生物は、主に硝酸性窒素を生成する硝化菌、大気中の窒素ガスを固定する根粒菌、窒素をガス化して大気に放出する脱窒菌等であり、これらに関する数々の研究が報告されている。

硝化菌（アンモニア酸化菌、亜硝酸酸化菌）による硝化活性の最適温度は 25℃であり、アンモニア性窒素 20～200mg/100g の範囲で高い活性が認められ、硝化の下限 pH は 2.9 付近であるとされている。

土壌中の有機物は微生物により無機化され、その硝化過程は土壌の通気性や温度等に依存し、特に温度が 10℃上昇するごとに硝化速度は 2 倍になることが知られている。

根粒菌の窒素固定活性は、高濃度の無機態窒素や低温により低下する。

水稻の非作付け期間の稲わらのすき込みは、窒素固定能を有するシアノバクテリアが稲わら表面で生育し、無機態窒素を有機化するため、土壌中の硝酸性窒素の流出を抑制する作用がある。

#### (3) 土壌中の有機物

土壌中の有機物の分解には、有機物の C/N 比が関係していることが分かっている。C/N 比の小さい有機物は一般に分解が早く、アンモニア性窒素のような植物が吸収できる有効態の窒素を生じる。従って、C/N 比が小さい有機物の多い土壌では、有機物から有効態窒素が生成され、植物に利用されない部分の溶脱が起こり易くなる。

一方、C/N 比が大きい有機物は難分解性で、土壌に加わるとその分解のために微生物活動が高まり、土壌中の無機態窒素の利用も増大するため、植物が吸収できる有効態窒素が不足する。

堆肥等の有機質資材の C/N 比と一般的な肥料効果を表 3.2-1 に示す。



表 3. 2 - 1 有機質資材の C/N 比と肥料効果

有機質資材	C/N比	肥料効果
鶏ふん・豚ふん堆積物 汚泥コンポスト	10以下	肥料効果は大きいですが、地力増進効果は小さい。 元肥の窒素量を減らす必要がある。
牛ふん堆肥、もみ殻堆肥	10～20	大きな肥料効果は期待できないが、地力増進効果がある。
バーク堆肥、おがくず堆肥	20以上	肥料効果は小さいが、土壌腐植を富化する為地力増進効果がある。土壌中微生物の窒素成分の吸収により窒素の施肥量を多くする必要がある。

#### (4) 土壌中の水分含量と硝酸性窒素

土壌水分含量が硝酸性窒素の生成に係わることは数々の研究で報告されている。

土壌水分が圃場容水量 (pF=1.8 相当の圧力状態で土壌に保持しうる水) に至るまでは水分量の増加とともに硝化作用が促進されるが、永久しおれ点 (pF=4.2 植物に水分を補給しても枯死) に達すると嫌気状態になり硝化作用は抑制される。

野中ら (1996) のライシメーターを用いた砂丘畑地土壌における施肥窒素成分の挙動の研究では、浅層地下水の硝酸性窒素濃度は 100mm/月以上の浸透水量 (灌水量、降水量) で増加している。

安藤ら (1995) の水田土壌を用いた研究では、乾燥処理により土壌の含水比がほぼ一定になるまでは、含水比の減少に伴って土壌有機態窒素の無機化量が増加し (乾土効果)、水分条件が一定になった後も乾燥期間を延長すると有機態窒素の無機化量が増加するとしている。

これらの研究結果から、土壌水分が圃場容水量に達するまで硝化が促進され、生成した硝酸性窒素は降雨等による地下浸透水とともに地下水へ溶脱されると考えられている。

図 3. 2 - 1 に、常時監視データの地下水の硝酸性窒素環境基準超過率と、流域内の河川水の窒素の濃度分布を示す (板橋, 平成 23 年)。図 3. 2 - 1 から、流域内の森林面積率が 66% 未満の場合、地下水の硝酸性窒素濃度が高い場合は、流出する河川水の硝酸性窒素濃度も高くなっており、このことから流域内での窒素循環量が多くなるに連れて、地下水及び河川水に移行する窒素量も増えることが分かる。

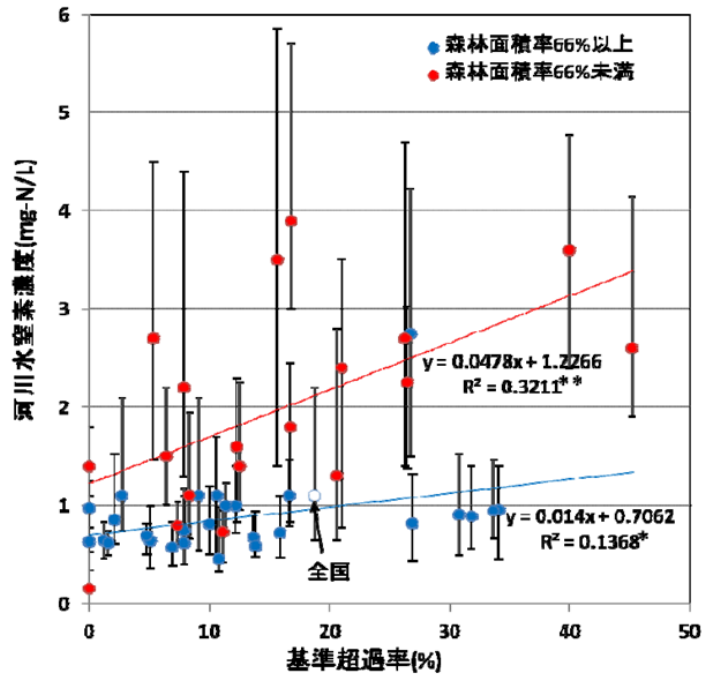


図3.2-1 観測井戸中の環境基準超過率（横軸）と河川水窒素濃度分布  
（中央値と75%値, 25%値）の比較

注) \*: 5%水準で有意, \*\*: 1%水準で有意を表す。

（出典：板橋，流域レベルで地下水の硝酸汚染リスクを評価するモデル，（独）農業環境技術研究所・栄養塩類リスク評価リサーチプロジェクト成果，平成18年度～平成22年度に実施）

Shindoら（2009）は、1961年と2005年の日本全体の窒素の収支について対比した結果、耕作地あたりの窒素供給量が約2倍に増加していると推定している（1961年90kgN/ha 2005年178 kgN/ha）。

さらに、このことから河川水中の硝酸性窒素濃度が1961年に比べて1998年では多くの都道府県で上昇しているとしている。

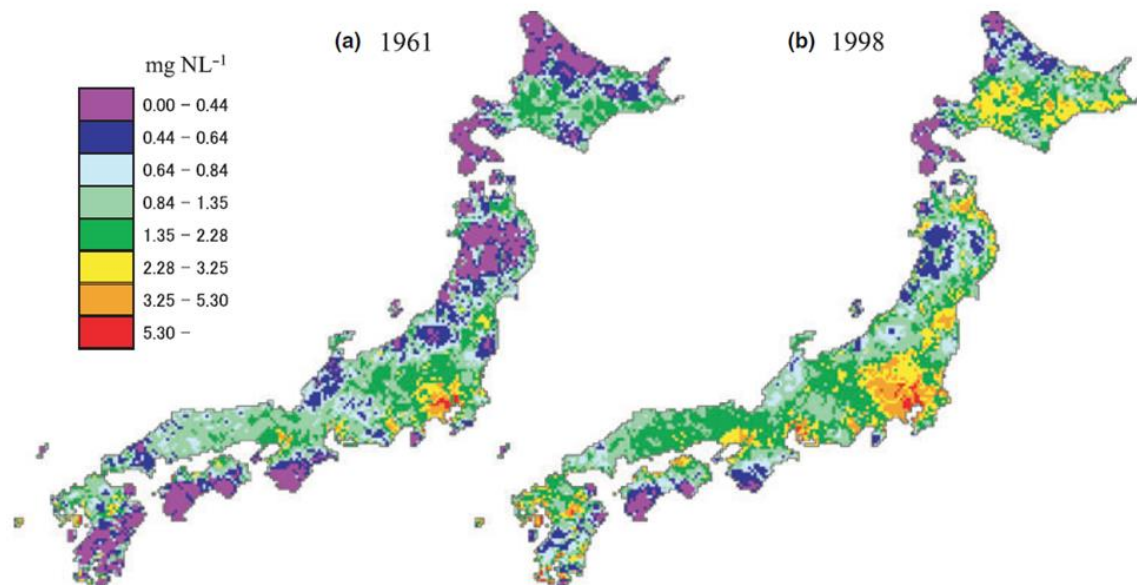


図 3. 2 - 2 河川水中の硝酸性窒素の推定濃度 (1961 年(左図)と 1998 年(右図) ; mgN/L)

(出典 : Shindo, J., et AL., Nitrogen flow associated with food production and consumption and its effect on water quality in Japan from 1961 to 2005, Soil Science and Plant Nutrition, 55, 2009)

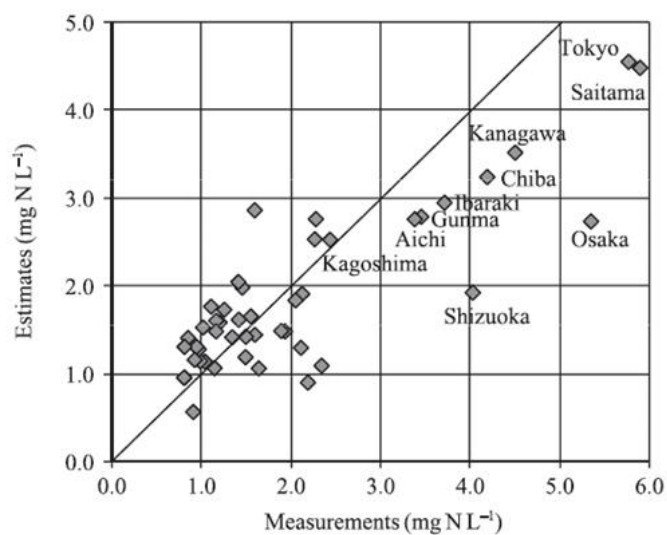


図 3. 2 - 3 河川水中の硝酸性窒素の推定濃度と平均実測濃度の関係 (1998 年)

(出典 : Shindo, J., et AL., Nitrogen flow associated with food production and consumption and its effect on water quality in Japan from 1961 to 2005, Soil Science and Plant Nutrition, 55, 2009)

## 4. 我が国における窒素資源循環について

### 4.1. 我が国の窒素の収支

我が国は資源の乏しい島国という自然環境の中で、古くから環境保全・資源利用の仕組みを取り入れた独自の産業構造を生み出してきた。特に、鎖国政策をとっていた江戸時代の農業活動に代表されるように、有機資源に関しては都市部で出されるし尿やバイオマス廃棄物の多くは、近郊農村の農地に還元され、農作物生産の重要な肥料として循環利用され、そこで生産された農作物は再び都市部で消費される等、資源の循環利用がされていた。

しかし、近代国家になると、工業的に合成された化学肥料の大量生産により、し尿等の再利用は少なくなるとともに、農村部から若手の労働力が流出し、重労働となる堆肥を施用することは現実問題として困難となり、結果的に作物生産に必要な成分だけを軽作業で施用できる化学肥料が受け入れられようになった。さらに、公衆衛生の観点から下水道も普及し始め、汲み取りから水洗へ、し尿処理施設から広域下水処理システムへと変化したことにより、資源循環の仕組みは変化してきている。

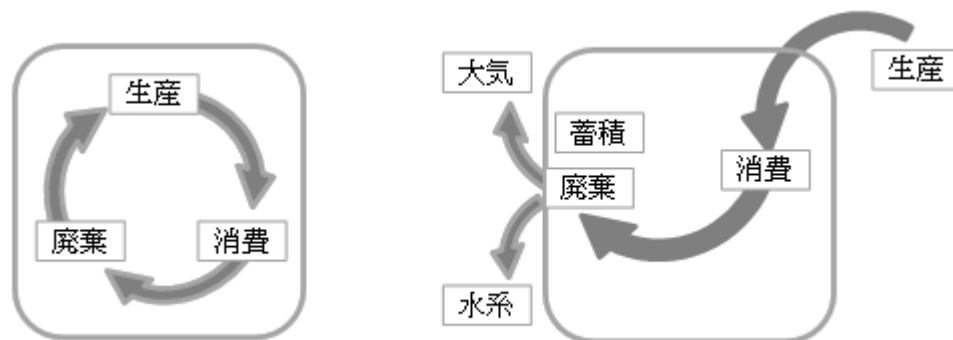


図4.1-1 理想的な資源循環型社会システム（左）と現在の社会システム（右）

□：一つのまとまりからなる社会システム（日本、地域等）

⇒：資源（物質、原材料、商品等）の流れ

図4.1-2に、2002年当時の統計値に基づいた我が国の窒素循環フロー図を、表4.1-1に窒素の収支を示す。

昭和45年の人口は約1.04億人、平成10年の人口は約1.27億人で、約1.2倍の増加である。わが国全体にインプットされる窒素の総量は1.2倍増加しており、これは人口の増加率とほぼ等しいが、食品に係る輸入食料・飼料は1.8倍増加しており、人口の増加率を大きく超えている。これを受けて、窒素は生活系への蓄積量が昭和45年の10.8倍と著しく増加している。また、土地系への蓄積も1.6倍と大きくなっている。わが国では、窒素、リンによる閉鎖性水域の富栄養化が問題とされ、また、地下水の硝酸汚染の問題も顕在化してきている。輸入食料・飼料を増加させ（すなわち、食料自給率を下げ）、その半分以上を使わずに廃棄していく現在の社会システムのあり方を見直すことによって、排出負荷量の削減対策もより有効になるものと考えられる<sup>(10)</sup>。

<sup>(10)</sup> 以上、栄養塩類総合管理検討調査報告書 第2編（平成13年度環境省請負業務報告書）、平成14年3月。

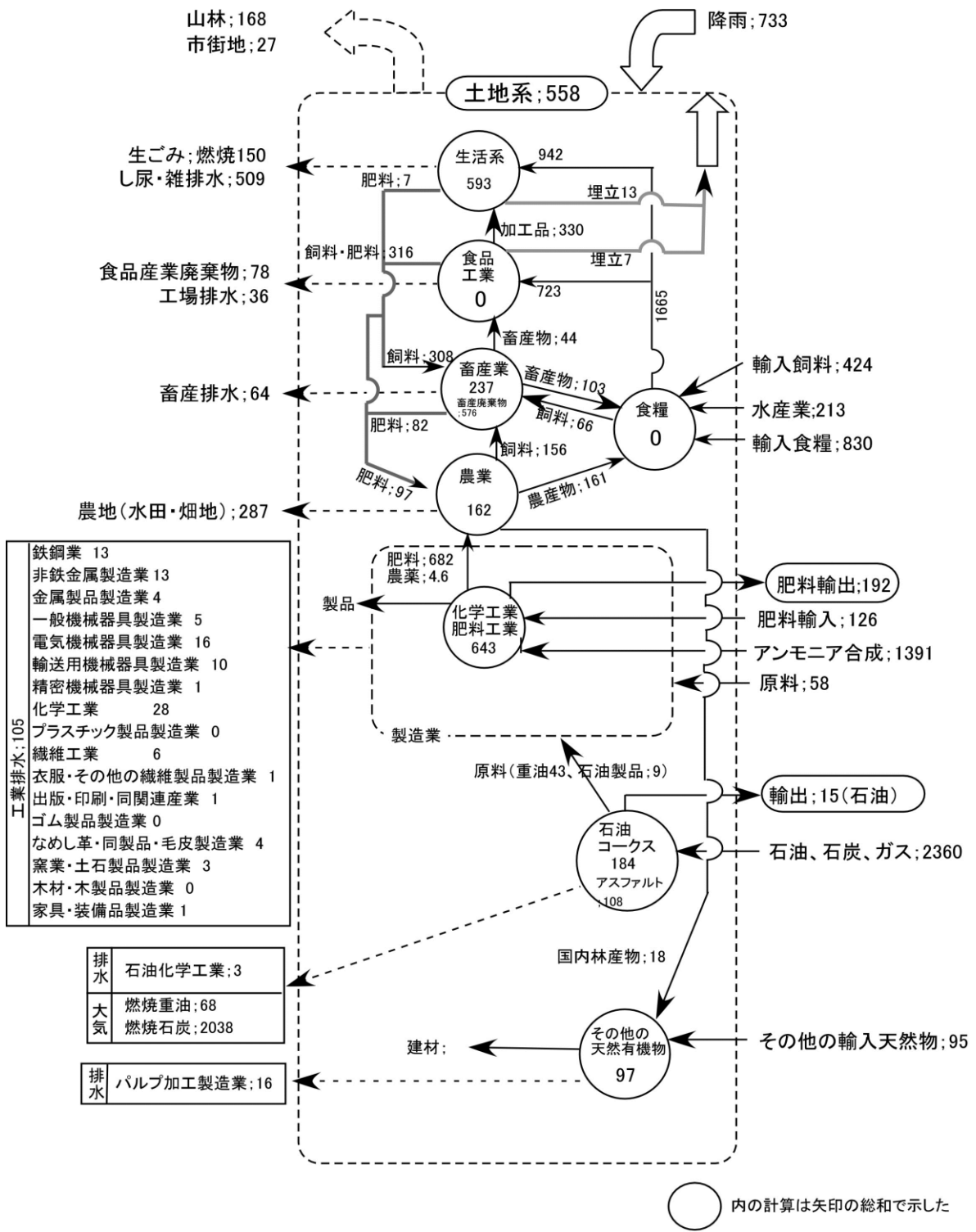


図 4. 1-2 我が国の窒素マテリアルフロー(2002年 単位: 千 t N/年)

(出典: 栄養塩類総合管理検討調査報告書 第2編(平成13年度環境省請負業務報告書), 平成14年3月)

表 4. 1 - 1 わが国の窒素の収支（平成 10 年）

		窒素(千t/年)			
		平成10年			
輸入量及び 生産量	輸入食糧・飼料		1,254		
	水産物		213		
	化学肥料・工業原料		184		
	国内窒素固定		1,391		
	石油・石炭		2,360		
	その他の天然物		95		
	降雨		733		
輸出量	肥料		192		
	石油		15		
入り込み量	合計		6,023		
排出量 (発生負荷量)	大気		家庭ごみの焼却処分	150	
			食品工業	78	
			化学肥料工業	-	
			畜産業	-	
			石油・石炭の燃焼 (燃焼排ガスの大気への排出量)*	2,106 (421)	
			その他の産業	-	
			大気への発生量; 合計		2,334
	水域	生活系	家庭し尿雑排水	509	
			産業系	食品工業	36
				化学肥料工業	105
				石油・石炭 その他の産業	3 16
		畜産系	畜産し尿	64	
			土地系	農地(水田、畑地)	287
				山林	168
	市街地	27			
	水域への発生量; 合計		1,215		
	合計		3,549		
蓄積量	生活系		593		
	化学肥料工業・食品工業等		643		
	畜産廃棄物(農地還元含む)		237		
	その他の天然有機物		97		
	土地系(農地を含む)		720		
	石油・石炭(アスファルト等)		184		
	合計		2,474		

\* (生産された重油－製造業に販売された重油)が全て燃焼と仮定。

(出典：栄養塩類総合管理検討調査報告書 第2編(平成13年度環境省請負業務報告書),平成14年3月より作成)

図 4. 1-3 は、窒素の収支のバランスにより発生する環境問題をまとめたものである。

我が国における主要な窒素循環は、畜産の糞尿等として発生し、農地に堆肥等として投入される。かつての農山村では、窒素の需給のバランスが保たれ地域循環が成立していたと思われるが、農産物や肥料等の輸入や化学肥料の投入等により、現在、日本の国土全体で見ると、窒素供給が過剰な状況にある。

これにより、水域における富栄養化、地下水中の人体に有害な窒素由来物質(亜硝酸性窒素)の増加、温室効果ガスである亜酸化窒素の発生等の問題がある。

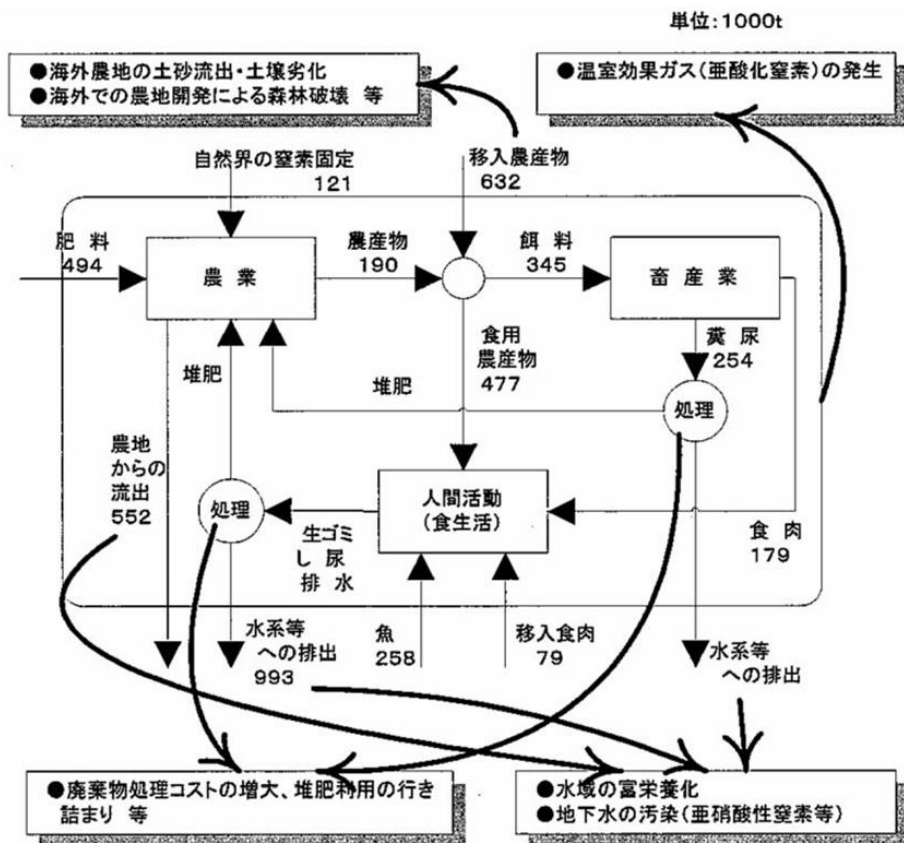


図 4. 1 - 3 日本の窒素収支(1998 年)と収支のアンバランスにより発生する問題群

(出典: 環境省, 平成 17 年 9 月第 1 回「生ごみ等の 3 R・処理に関する検討会」参考資料 4  
「我が国におけるバイオマスに由来する炭素及び窒素の循環フロー」)

## 4.2. 地域における適正な窒素資源循環

地球上の全ての生命活動・社会経済活動にとって、水資源は必要不可欠である。中でも地下水は、身近にある良質な水資源として古くから親しまれ、社会的・経済的に高い価値を持つ一方、その分布・挙動の把握は困難であり、管理・保全が不十分なケースも少なくない。

特に硝酸性窒素等は、その発生源が面的かつ多様（生活排水、家畜排せつ物、施肥等）であり、従来型の点源規制のみでは十分改善が進んでおらず、地下水環境基準の超過率が最も高い項目として残っている。また、その発生源の特性から、良質の地下水資源が多く存在する地域において汚染が顕在化しやすく、地下水資源の保全・活用の観点からもその対策が特に重要である。

なお、こうした硝酸性窒素等による汚染の対策は、窒素の過剰な環境放出を回避することが基本となるが、その際、窒素が植物の生育に必須の元素であることも踏まえ、自然界における健全な窒素循環の確保を目指した窒素資源の有効活用という観点を重視すべきである。

### (1) 硝酸性窒素対策の基本的考え方

環境省では、過去の事例、既存の科学的知見等を踏まえ、地域における貴重な資源である地下水を保全し次世代に引き継ぐことを究極目標として、硝酸性窒素等汚染に対する地域総合対策を推進するための支援制度のあり方について検討してきた。

硝酸性窒素等の対策に当たっては、地域ごとにその発生源や汚染の様態も大きく異なることから、地域の自然的・社会的特性、汚染実態、発生源の状況等に応じた最適かつ総合的な対策を計画・実施することが重要となる。

地域においては、以下のような取組みを適切に組み合わせて実施することが適切である。

#### ① 連絡協議会等の設置

地域における対策の円滑な実施のため、自治体、事業者、有識者等ステークホルダーにより構成される連絡協議会を設置し、必要な連絡調整を行う。特に、硝酸性窒素等対策に当たっては、行政内部（環境担当部局と農政担当部局等）の密接な連携も鍵となる。

#### ② 汚染の実態やメカニズムの把握

- 汚染実態把握（濃度測定）
- 発生源の特定、地下水流域への負荷量算定
- 各種対策のケーススタディと費用対効果の検討
- 汚染の将来予測
- 地下水循環と地下水流動状況等の把握

#### ③ 対策計画の策定

地域における対策計画を策定する。同計画には、地域における地下水資源の存在状況、硝酸性窒素等汚染実態の把握、主な発生源及び窒素負荷量の把握、対策目標・保全目標の設定、施策メニュー等、必要な内容を盛り込む。

- 汚染の実態やメカニズムの把握を踏まえた、有効かつ総合的な対策計画の策定



- 削減目標量と施策効果の評価方法の策定

#### ④ 汚染対策の実施

- 過剰施肥対策（施肥基準や土壌診断等に基づく適正施肥等を実施する環境保全型農業の推進、都道府県等による施肥基準の策定に関する技術的指導）
- 家畜排せつ物対策（堆肥化施設、家畜排せつ物処理施設の設置等）
- 生活排水対策（浄化槽の設置等）
- 水源対策（涵養促進への支援等）

#### ⑤ 施策効果の評価と見直し

一定期間ごとに、上記対策計画等に基づく進捗状況进行评估し、必要に応じ計画の見直しを行う。

## 5. 海外の窒素循環政策と研究の動向

### 5.1. 海外の硝酸性窒素施策に関する情報

#### (1) EU の取組

EU は、1991 年に「硝酸指令（農業起源の硝酸による汚染からの水系の保護に関する閣僚理事会指令 Council Directive 91/676/EEC concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources）」を公布し、農業に起因する硝酸性窒素による地下水・表流水の硝酸汚染や河川・湖沼の富栄養化の削減・防止対策の取組みを始めた。

硝酸指令（1991）では、地下水や地表水に硝酸汚染が生じているか、そのおそれのある集水域を「硝酸脆弱地域」に指定し、脆弱地域内の農業者は硝酸汚染を防止するため、加盟各国が定めた行動計画を守ることが義務とされた。

行動計画には、(1) 窒素の総投入量（家畜排せつ物＋化学肥料）を、土壌やその他からの供給量も考慮して、作物要求に合わせ、適正施肥を行なうこと、(2) 家畜排せつ物の農地への最大還元量を 170 kg N/ha にすること、(3) 作物の生育できない冬期間における家畜排せつ物の施用を禁止し、その間の排せつ物を貯留できる施設を整備すること、(d) 地下水や地表水を汚染しやすい場所や時期に、肥料や堆肥を施用しないこと等の規準を定めている。硝酸脆弱地域外の農業者には、国の定めた、硝酸汚染と富栄養化の防止のための優良農業規範を自主的に守ることを要請している。

その後さらに、2000 年に「水枠組み指令（EU Water Framework Directive : 共同体の水政策の行動に関する枠組を定める指令 Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the Community action in the field of water policy）」を公布した。水枠組み指令の目的は、地域や原因別に対策を構ずるだけでなく、集水域単位に全ての水系や汚染源に対して包括的な取組みを行うことにある。

水枠組み指令によって、加盟国には以下の行動計画が義務付けられた。

- 2003 年に河川を中心とした集水域管理区を設定し、管理区ごとに管理所管組織を指定する。
- 2004 年に集水域管理区内の水質状況や汚染原因の把握と経済分析に着手する。
- 2006 年にモニタリングネットワークを設置し、遅くとも 2006 年中に関連情報と見解を開示し、住民を含む関係者の意見を求める。
- 2008 年に集水域管理区ごとに管理プラン案を策定し、2009 年に管理プランを確定する。
- 経済分析と汚染者負担原則を踏まえて、水質浄化・維持に要するコストを回収できる水利用価格を 2010 年までに導入する。
- 遅くとも 2012 年までに 2021 年までの第 1 期対策プログラムを実施する。この中で表流水については 2015 年までに目標を達成する。
- 目標が達成できない場合には、2027 年を最終達成期限とする第 2 期対策プログラムを実施する。

このように、EUの水枠組み指令（2000）は、包括的な水質汚染対策の枠組みのロードマップを示すものであるが、特に硝酸汚染に焦点を当てているわけではない。水枠組み指令の目的を達成するための重要な方策の1つとして、硝酸指令が位置づけられている。

硝酸指令（1991）が公布後、加盟各国は、硝酸指令に規定された条項の実施状況を4年ごとに欧州委員会に報告し、欧州委員会はそれらをまとめた欧州議会と閣僚理事会に提出することが規定されている。これまでに、第1回報告書（1992～1995年）、第2回報告書（1996～1999年）、第3回報告書（2000～2003年）、第4回報告書（2004～2007年）及び第5回報告書（2008～2011年）が出されている。

ここでは、2013年10月に公表された「第5回加盟各国の硝酸指令実施報告書（EC, 2013a, 2013b）」について、特に、地下水汚染に関連する部分を取りまとめた。

### ① 硝酸汚染の負荷の状況

無機窒素肥料の2008-10年の使用量は、2006-07年に比べて6%減少している。EUにおける年間の無機窒素肥料消費量は、現在約1100万トンで、25年前のピーク時に比べてほぼ30%減少している。リンおよびカリ肥料は、2010年において約250万トンずつで、1980年代のピーク時よりもほぼ70%減少している（図5.1-1）。

OECDの農業環境指標に準じて計算した農地ha当たりの窒素とリンのバランス（養分投入量と作物による回収量との差）を、2004年と2008年で比較すると、余剰養分量は、EU全体の平均ではごくわずかに減少しなかったが、養分投入量の多いオランダ、ベルギー、ルクセンブルク、デンマーク、イギリスでは窒素の余剰量が明らかに減少したとしている。

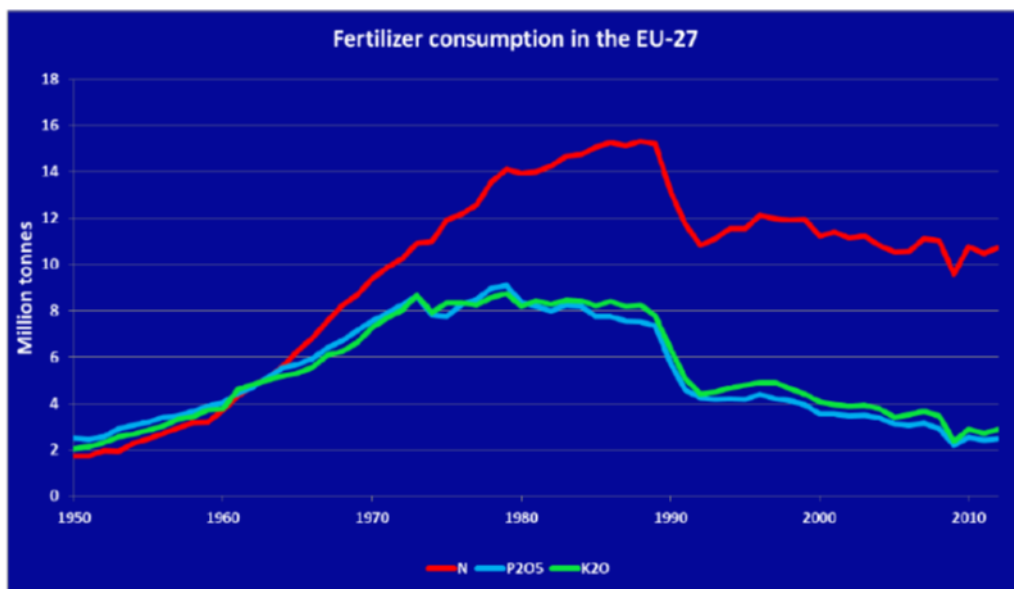


図5.1-1 EU加盟27カ国における肥料の使用量（出典：EC2013b）

## ② 地下水のモニタリングの状況

EU加盟27カ国における地下水モニタリング地点の総数は、2004-07年期間に比べて2008-11年期間では約10%増えて、33,493であった。EU全体での平均密度は、面積1000km<sup>2</sup>当たり8地点である。最も密度が高かったのはマルタとベルギーで、それぞれ1000km<sup>2</sup>当たり130と100地点、一方、最も密度が低かったのはフィンランドとドイツで、1000km<sup>2</sup>当たり1地点未満であった。

EUにおける平均サンプリング頻度は年間約3回だが、ラトビア、リトアニア、デンマークでは年1回、イギリスとベルギーでは年5回と、国によって幅がある。

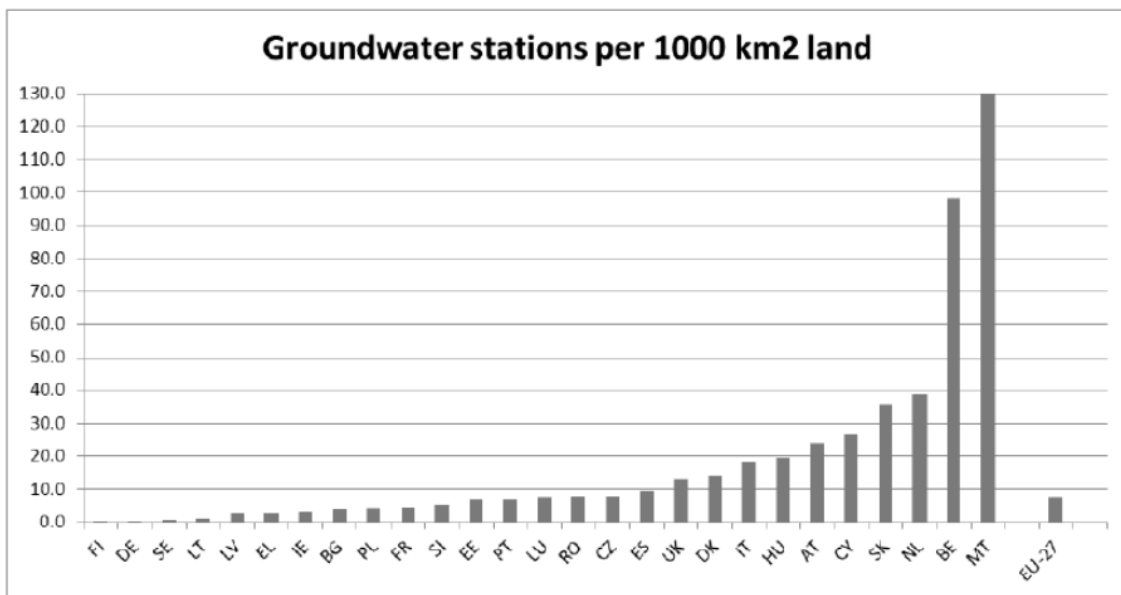


図5.1-2 EU加盟国の地下水モニタリング地点数（地点/1000km<sup>2</sup>）（出典：EC2013b）

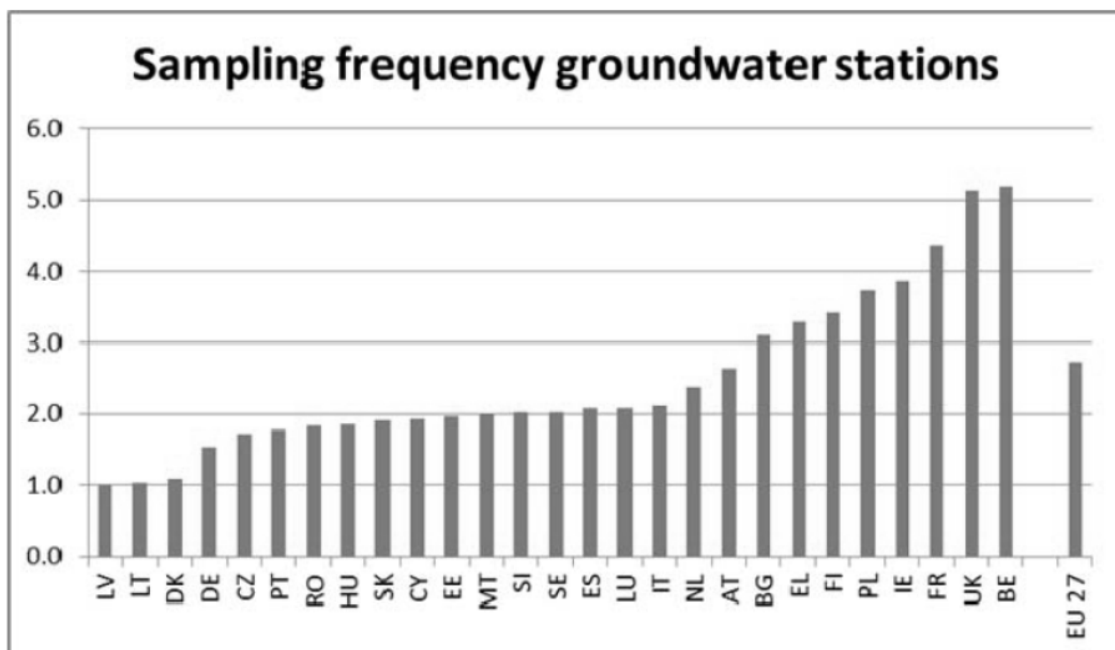


図5.1-3 EU加盟国の地下水モニタリング頻度（回/年）（出典：EC2013b）

### ③ 地下水の汚染状況

2008-11年において、EU加盟27カ国の地下水測定点の14.4%が50 mg NO<sub>3</sub>/Lを超え、5.9%が40と50 mgの間であった。これは前回の報告（2004-07年）で、50 mgを超える地点が15%、40と50 mgの間であったのが6%であったのに比べて、やや改善している。

硝酸濃度が最も低かったのは、フィンランド、スウェーデン、ラトビア、リトアニア、アイルランドで、他方、硝酸濃度が最も高かったのはマルタとドイツであった。

図5.1-4に地下水の硝酸濃度の分布状況、図5.1-5に変化傾向を示す。

2008-11年期間と2004-07年期間の結果を比較すると、全体として多くの加盟国で大体の測定地点で濃度はほぼ横ばいの傾向を示し（EU27で42.7%）、減少傾向の測定地点の割合は増加傾向のものと同様（それぞれ30.7%と26.6%）であった。減少傾向の測定地点の割合が最も高かったのはアイルランドで、最も安定していたのがラトビア、増加傾向の割合が最も高かったのはエストニアであった。

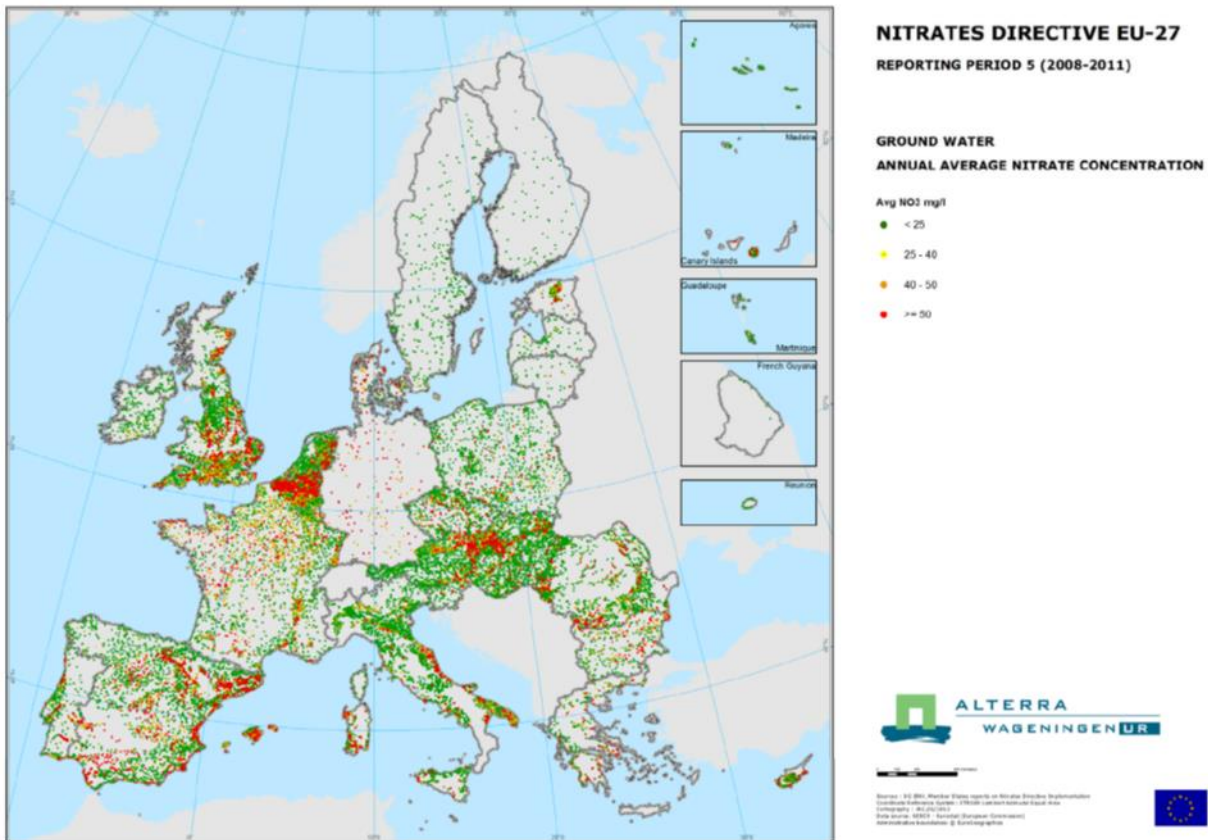


図5.1-4 EU加盟27カ国の地下水硝酸濃度の状況（出典：EC2013b）

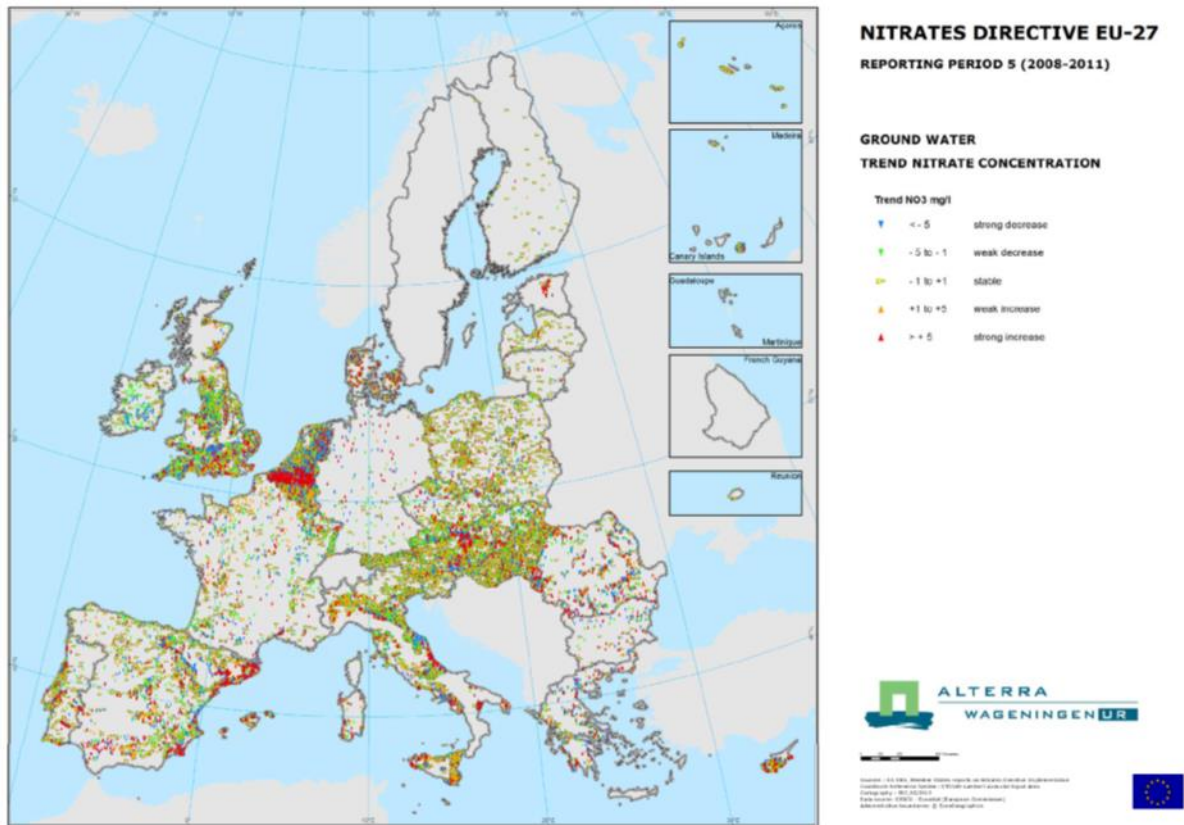


図 5. 1 - 5 EU 加盟 27 カ国の地下水硝酸濃度の傾向（出典：EC2013b）

#### ④ 硝酸脆弱地域（NVZ）の指定状況

硝酸指令（1991）では、硝酸汚染の生じている地域、あるいはそのおそれのある地域を硝酸脆弱地域（Nitrate Vulnerable Zone）として指定して、特別の行動計画を適用できるが、国土全体を指定してもよいとしている。2012年の時点で、国土全体を硝酸脆弱地域としている国は、オーストリア、デンマーク、フィンランド、ドイツ、アイルランド、リトアニア、ルクセンブルク、マルタ、オランダ、スロベニア、ベルギーのフランドルス地方、北アイルランドの12カ国である。

図 5. 1 - 6 に、EU における硝酸脆弱地域の指定状況を示す。

2012年における硝酸脆弱地域の総面積は、約 1,952,086.5 km<sup>2</sup> で、EU の面積の約 46.7%に相当している（国全体を指定している加盟国の面積を含む）。

2008年と比較すると、脆弱地域に指定された面積は、特にルーマニア、ベルギーのワロン地方、スペイン、スウェーデンとイギリスで増加したとしている。

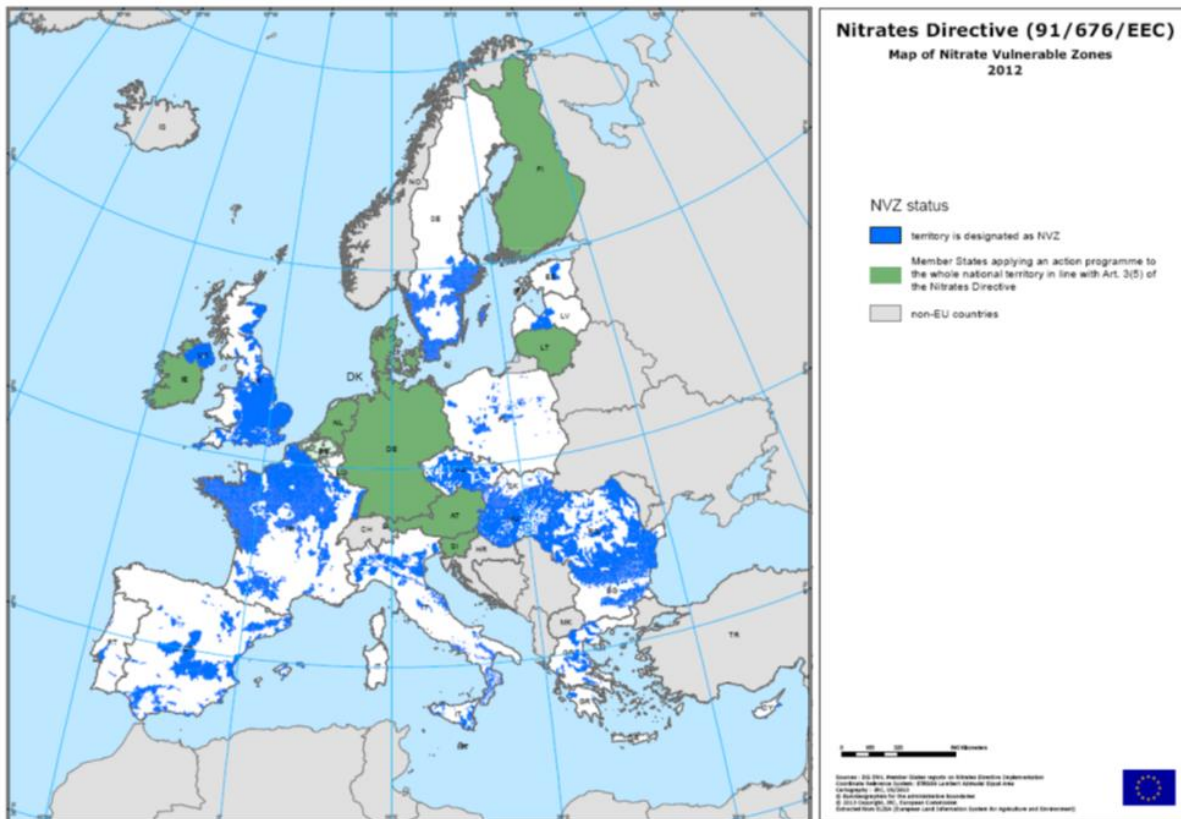


図 5. 1 - 6 硝酸脆弱地域の指定状況 (2012) (出典: EC2013b)

(青: 硝酸脆弱指定地域、緑: 硝酸指令に基づく各国の行動計画適用地域)

## ⑤ 行動計画

加盟国は、硝酸脆弱地域で農業者が守るべき 1 つないし複数の行動計画を策定している。2008-2011 年に、多くの加盟国で新しい行動プログラムの採用または改正がなされている。改正の内容は、スラリーや肥料の農地施用禁止期間、家畜排せつ物の貯留容量、不適切な気候条件における傾斜地や表流水近傍への家畜排せつ物や肥料の施用が強化されたケースが多い。

肥料施用量を制限することが、最も困難だが有効な方策である。いくつかの加盟国では、全ての作物について窒素総量の上限值を規定している。この方式は単純で分かりやすく、農業者に義務を伝えるのに明確で規制しやすい。他の国はより複雑なシステムを採用しており、農業者が分かりにくいいため、水保護の効果も低いと考えられている。

家畜排せつ物貯留量は、もう 1 つの重要な要素であるが、農業者に大きな費用負担を課すことになる。しかし、この負担は、家畜排せつ物中の N の利用効率の向上による化学肥料の使用量の削減（温室効果ガス排出削減も伴う）や、農業者の作業条件の改善によってバランスを取ることができる。この問題での強化が必要なケースが多い。

しっかりした行動計画を策定し、共通農業政策による支援の条件であるクロス・コンプライアンスと組み合わせることが、硝酸指令の効果を上げるうえで大切であるとされている。

## ⑥ 家畜排せつ物窒素施用規制値の特例扱い

硝酸指令では、同指令の付属書に規定された基準を満たし、かつ、特例扱いされた量が指令の目的達成を損なわないならば、家畜排せつ物窒素を年最大 170 kg/ha とする上限基準から低減できる特例を規定している。

硝酸指令の施行について、欧州委員会を支援する硝酸委員会が設置されており、その意見に従い欧州委員会決定によって特例が認められる。2012 年末時点で、7 加盟国でこの特例が認められており、領土全体については、デンマーク、オランダ、ドイツ、イギリス、アイルランドの 5 カ国と、2 カ国（ベルギー、イタリア）の一部の地方である（ベルギーのフランダース、イタリアのロンバルディ州、ピエモンテ州、ベネト州、エミリアロマーニャ州）。

特例を受ける農業者に要求されるその他の管理基準は、行動計画の基準よりも高くする必要があり、施肥計画についての追加義務と、農地管理についての追加規制とが課せられる。特に新たな特例の承認ないし既存のものの延長の承認は、水質の動向に照らして判断されている。

## ⑦ EU の硝酸規制の今後の課題

加盟各国が策定する行動計画の内容は全般的に向上し、対策の強化、施肥方法の向上、法的強制力の向上がなされ、行動計画が義務であることの認識も向上している。

しかし、いくつかの問題が残されており、その多くは肥料の農地への施用の上限量と方法、家畜排せつ物貯留容器の容量と建設に関するものである。

最近におけるエネルギー作物やバイオガス製造（特にドイツ）の展開のような他の要素が、行動計画で適切にカバーする必要のある新しい課題を提起している。

同様に、一部の加盟国においてミルク収量が向上しているため、乳牛 1 頭当たりの排せつ物生産係数を調整する必要が出ている。積極的側面としては、非反芻家畜の飼養で、餌の蛋白質やリン酸含量の点で改良がなされており、さらに養分負荷を減らせるはずであるとしている。

行動計画では、園芸作物からの環境への圧力に対して、十分な対応がなされていない。このため、加盟国と科学的検討グループとで検討を行なっている。

農業方法が改善され、水質が全般的に向上しているにもかかわらず、まだ改善されず、特に行動計画の対策の面で、今後一層の対応が必要な「ホットスポット」が残されている。こうしたホットスポットは、集約的な家畜生産や園芸が行なわれている地域だが、土壌や地理的条件に関係したものもある（例えば、養分保持容量の低い砂質土、多孔質岩石地帯等）。加盟国は、特にこれらに対処することが必要である。

水質の動向に応じて追加方策の採用や、対策の効果の評価方法等、次の報告までに改善すべき点が多いとしている。



## (2) イギリスにおける硝酸対策

イギリス（注：厳密にはイングランド地方である）は、EUの硝酸指令（1991）を規定どおりに施行せず、2000年12月に欧州司法裁判所から違法の裁定を受けた。

これを受けて、硝酸指令に即して、自国の農業に起因した硝酸汚染防止を図る法律を強化する方針を2008年7月に決定し、その結果「2008年硝酸汚染防止規則」が2008年に国会で承認され、2009年1月1日から施行された。

その後、「硝酸汚染防止規則」は、2009年、2012年、2013年と毎年のように改正されて、現在、「硝酸汚染防止（改正）および水資源（汚染防止）（サイレージ、スラリーおよび農業用燃料油）（改正）規則2013年」The Nitrate Pollution Prevention (Amendment) and Water Resources (Control of Pollution) (Silage, Slurry and Agricultural Fuel Oil) (England) (Amendment) Regulations 2013と改称されている。

これらの改正によって、2013年5月17日、2014年1月、2014年5月ないし2015年秋から新たな規制が施行される。こうした新たな規制の追加に対応して、DEFRA（環境農業農村地域省）は、硝酸脆弱地域に指定された地域内の農業者が遵守すべき規制の内容、遵守するための技術的対応方策等を解説したガイドブック（2013年～2016年用）を2013年に刊行した。

以下では、その主要点を紹介する。

### 【参考文献】

- DEFRA (2013) : Guidance on complying with the rules for Nitrate Vulnerable Zones in England for 2013 to 2016. 125p.
- 西尾道徳, 2013, 環境保全型農業レポート No. 231 イングランドが硝酸脆弱地域の農地管理規定を強化

### 1) 家畜排せつ物窒素の施用上限量

イギリスにおいても、硝酸指令に準拠して、硝酸脆弱地域(NVZ)に指定された地域においては、家畜排せつ物の施用量（放牧家畜による直接排泄や施用を合わせて）を、暦年（1月1日から始まる1年）の1年間に家畜排せつ物中の窒素量で170 kg/haを超えてはならないと規定している。これは、草地、飼料畑、耕地、樹園地等の農場の農場全体での平均値である。換言すると、全農地での平均値を170 kg N/ha以下に確保できるなら、一部圃場には170 kg N/haよりも多く施用しても良い、ということになる。

ちなみに、イギリスの標準的係数では、乳牛成畜（乳量9,000リットル超）は排せつ物で年間115 kg/haの窒素を排泄するので、170 kg N/ha以下の排せつ物窒素量に抑えるには、年間1.5頭/haしか飼養できないことになる（西尾, 2013）。

農場から他の農場等に搬出された家畜排せつ物は計算から除外することができるが、家畜排せつ物を農場の外に搬出する合意が失敗した際の緊急時対応プランを事前につけておき、その詳細を保持しておくことがガイドブックで求められている。

なお、イギリスの独自規定として、農場の農地の少なくとも80%を牧草地として確保し、家畜排せつ物の上限量を、放牧家畜で250 kg N/ha、非放牧家畜で170 kg N/haを

遵守できる証拠を示すことができる場合には、放牧草地での上限値を 250 kg/ha に増やすことができる規則を新たに施行した(既存の硝酸脆弱地域では 2013 年 5 月 17 日から、新規に硝酸脆弱地域に指定された場合は 2014 年 1 月 1 日から)。

### ① 窒素施用量の最大上限値

窒素施用量には 2 つの上限値が設定されている。

1 つは、農地に施用する有機質資材の施用量を、12 か月間に全窒素量で 250 kg/ha を超してはならないことである。家畜排せつ物窒素の上限量が 170 kg/ha なので、これを超える 80 kg/ha の全窒素は、家畜排せつ物以外の有機質資材のものでなければならない。

この枠組の上で、主要作物には窒素施用量の最大上限値が決められている。当初は、コムギ、オオムギ、オオムギ、油料ナタネ、シュガービート、ジャガイモ、飼料用トウモロコシ、露地ビーンズ、エンドウ、イネ科牧草だけであったが、2014 年 1 月 1 日から主要野菜が追加される(表 1)。

表1 窒素最大上限値(DEFRA, 2013)

	N最大上限値 (kg N/ha)	標準作物収量 (t/ha)
秋ないし初冬播きコムギ	220 (注b,c,d)	8
春播きコムギ	180 (注c,d)	7
冬オオムギ	180 (注b,d)	6.5
春オオムギ	150 (注c)	5.5
冬油料ナタネ	250 (注e)	3.5
シュガービート	120	n/a
ジャガイモ	270	—
飼料用トウモロコシ	150	—
露地ビーンズ	0	—
エンドウ	0	—
イネ科牧草	300 (注f)	—
グループ1 アスパラガス、ニンジン、ダイコン、スウェーデンカブ	180	—
グループ2 セロリ、ズッキーニ、ツルナシインゲン、レタス、タマネギ、 パースニップ、ペニパニンゲン、スウィートコーン、カブ	280	—
グループ3 テーブルビート、芽キャベツ、キャベツ、ブロッコリー、カリ フラワー、リーキ	370	—
a. 前作ないし当分の作物にマルチ用のワラや製紙スラッジを施用した圃場で栽培している全ての作物には、80kg N/haを追加施用することが許されている。 b. 土層の浅い土壌タイプ(砂岩上の土層の浅い土壌は不可)の圃場には20kg N/haの追加施用が許されている。 c. 予想収量が標準収量を1トン超えるごとに20kg N/haの追加施用が許されている。 d. 製粉用コムギ品種には40kg N/haの追加施用が許されている。 e. これは秋の最大施用量30kg N/ha(化学肥料窒素施用禁止期間の例外として許されている)と春の最大少量220kg N/haとからなる。春施用では、予想収量が標準収量を0.5トン超えるごとに30kg N/ha施用量を増やすことができる。 f. イネ科牧草を乾物当たり少なくとも16%の蛋白質含量を達成するように栽培する際には、窒素は公認アドバイザーの推奨レベルまで施用しても良い。公認アドバイザーは、イネ科牧草を灌漑している場合には年間700kg N/haを、イネ科牧草を灌漑して栽培していない場合には、年間500kg N/haを超えない施用を推奨できる。これに加えて、2年目とその後には、N要求の計算に取り込むために、公認アドバイザーに、秋(9月1日から10月31日の間)の代表的な土壌サンプルの分析値を提供しなければならない。 g. 少なくとも年間3回刈り取るイネ科牧草には40kg N/haを追加施用することが許されている。		

(出典：西尾道徳, 2013, 環境保全型農業レポート No. 231)

なお、ここでいう窒素施用量は、当作において、化学肥料からの無機態窒素と有機質資材から供給される可給態窒素を合わせた量である。

有機質資材中の可給態窒素量は、全窒素量中の割合で表示されている。

全窒素量は、サンプルの分析、ガイドブックにある標準値、販売元の分析値、DEFRA が刊行している肥料と施肥についての詳しい技術指導書の肥料マニュアル（DEFRA (2010) Fertiliser Manual (RB209) 8th Edition, 249 p.）の値を使用する。

また、可給態窒素割合は、ガイドブックや肥料マニュアルに標準値が書かれている。

ガイドブックの値を抜粋して表2に示す。表2の値は、DEFRAのガイドブックに記載されているものをまとめた値（西尾（2013））であるが、肥料マニュアルの値は、実際には施用方法（表面散布、土壌混和、深層注入）、施用後の時期、土壌タイプ等に分けて標準値を記している。

表2 家畜ふん尿の全窒素と可給態窒素の標準値 (DEFRA, 2013から作表)

	全窒素含有率 kg/m <sup>3</sup> or kg/t	可給態窒素（全窒素中の%）	
		2012年1月1日から	2014年1月1日から
固形家畜ふん尿 <sup>1)</sup>			
牛家畜ふん尿	6	10	10 <sup>2)</sup>
豚家畜ふん尿	7		
採卵鶏ふん	16	30	30
肉鶏ふん	30		
スラリー			
乳牛スラリー	3	35	40
肉牛スラリー	2		
豚スラリー	4	45	50
1) 固形家畜ふん尿の多くは家畜ふん尿と敷料を混合したもので本格的堆肥化は行っていない。			
2) ヨーロッパでの値で最も低い値。2016年に見直す予定。			

（出典：西尾道徳, 2013, 環境保全型農業レポート No. 231）

例えば、ジャガイモのN最大上限値は270 kg/haだが、家畜排せつ物由来の窒素施用量を270 kg/haに上げることはできない。家畜排せつ物由来の窒素（全窒素）は170 kg/haまでで、残りの窒素は化学肥料や他の有機質資材で施用しなければならない。

また、表2でスラリーの可給態窒素の割合が、標準値を改正するたびに高くなっていることが注目される。例えば、牛スラリーの可給態窒素割合は、2009年20%、2012年35%、2014年40%と次第に高く設定されてきているが、これは初めから可給態割合を実際に近い高い値に設定すると、対応できない家畜生産農場が続出するため、農場の対応状況を踏まえて、次第に高めてきたためと推定されるとしている（西尾, 2013）。

そしてまた、有機質資材と訳したのは、” organic manure” のことで、家畜排せつ物（スラリー、固形家畜排せつ物（家禽ふん、ワラ等の敷料と混合した家畜排せつ物））とその他の有機質資材（消化汚泥を固液分離した液体と汚泥等）を合わせたものである。” organic manure” を有機質肥料と訳すと、魚粉、油粕等の有機質肥料を連想させるが、これらイギリスではほとんど使われていないので、誤解を避けるために有機質資材と訳したとしている（西尾, 2013）。

窒素施用量の最大上限値は、農場全体をとおした作物ないし作物グループ別の平均窒素施用量に適用される。このため、一部の圃場で最大上限値よりも多く施用し、他の圃場で同じ作物への施用量を少なくして、平均施用量が最大上限値以下にして施用しても良いとされている。

## ② 窒素用プランの作成

各圃場の作物別に窒素施用プランを作ることが要求されている。プランには、下記のステップに従った事を示す記録を添付しなければならない。

- ステップ1：生育期間中に作物に吸収可能と考えられる土壌供給窒素量を計算（土壌窒素供給量）
- ステップ2：土壌窒素供給量を考慮して、作物に施用すべき至適窒素量を計算（作物窒素要求量）
- ステップ3：施用するつもり有機質資材から、それを施用した生育期間中に作物が吸収できると考えられる窒素量を計算（作物可給態窒素量）
- ステップ4：必要な化学肥料量を計算

### ア. ステップ1：土壌窒素供給量

土壌窒素供給量 Soil nitrogen supply (SNS) は、前作に施肥した肥料の残りを含め、生育期間中に作物に吸収可能になる窒素の土壌中の量(kg N/ha)で、土壌からの溶脱等による窒素ロス量を考慮してある。具体的には、施肥・播種を行なう前か、その直後の春または秋に、深さ 90cm までの根域内で土壌から供給される窒素量で、次の合計値である。

- (a) 根域内土壌に存在する無機態窒素量
- (b) 上記無機態窒素量測定時に作物が既に栽培されていた場合は、作物の吸収していた窒素量
- (c) その後の生育期間中に、土壌有機物と作物残渣から無機化されてくる窒素量

肥料マニュアルには、前作物の種類、土壌タイプ、降水量等による標準的な土壌窒素供給量が、土壌窒素供給量指標（SNS 指標）として、年間 61kg/ha 未満の「0」から、240 kg N/ha を超える「6」まで7段階にランク分けされてまとめられている。

例えば、前作に穀物を栽培した作土の深い肥沃なシルト質土壌で、降雨量 600 mm 未満なら、土壌窒素供給量指標は「2」（81～100 kg/ha）、600～700mm なら

「1」(61~80 kg N/ha)となる。肥料マニュアルの標準的な値を使用して良い。根域内の無機態窒素量は、土壌の依頼分析で測定することもできる。

#### イ. ステップ2：作物窒素要求量

肥料マニュアルは、作物窒素要求量を、販売額と肥料代金を考慮して、経済的に最も得になる収量を上げるために「作物に供給すべき窒素量」と定義している。

例えば、コムギでは、肥料窒素1kgの代金を支払うのに要する作物収量を損益分岐点として、標準の損益分岐点を5:1、つまり、肥料窒素1kgの代金を支払うのに要する作物収量を5kgとして、作物の標準窒素要求量を土壌窒素供給量指標別の値として提示している。

土壌窒素供給量指標が「2」(土壌窒素供給量81~100 kg/ha)の場合、窒素要求量は、秋・初冬播きコムギだと、軽しような砂質土壌で100 kg N/ha、土層の浅い土壌で210 kg N/ha、土層の深い粘土質土壌で190 kg N/haである。肥料代金や農産物販売額が変動した場合には窒素要求量を調整することになる。

施肥マニュアルでは、主要な作物について経済的に最も得になる収量を上げるのに必要な窒素要求量を、土壌窒素供給量指標の大きさに応じて表によって示している。その際の標準的収量の一部は表1に示したのと同じ値である。

#### ウ. ステップ3：作物可給態窒素量

通常は無機化学肥料中の作物可給態窒素量は、ラベルに表示されている。また、代表的な家畜排せつ物中の可給態窒素量は既に表2に示した。

#### エ. ステップ4：必要な化学肥料量

土壌窒素供給量を除いた作物窒素要求量から、施用する有機質資材から供給される可給態窒素量を差し引いた、残りの窒素量を化学肥料で供給する。

### ③ 低集約農業での記録の一部免除

下記の条件を満たす低集約農業者は、化学肥料と有機質資材の実際の詳しい施用についての記録の保持を免除された(従来からの硝酸脆弱地域では2013年5月17日から、新たに指定された硝酸脆弱地域では2013年7月1日から)。

- (a) 農地の少なくとも80%が草地であり、かつ、
- (b) 100 kg N/haを超える窒素を、有機質資材(家畜によって直接圃場に施用される排せつ物Nを含む)で施用せず、かつ
- (c) 90 kg N/haを超える窒素を、化学肥料で施用せず。かつ、
- (d) 外部から有機質資材を農場に持ち込まない。

この規則を活用したい場合は、上記の低集約農業者基準を遵守していることを示す十分な情報(圃場ごとの肥料記録)を記録しておく必要がある。

### ④ 堆肥だけ施用の場合の特例

「硝酸汚染防止規則」において、「農場管理者は農場の農地に施用する有機質資材の施用量を12か月間に窒素総量で250 kg/haを超えてはならない。」と規定さ

れていた。これが2013年4月の改正によって、下記が追加された（既往の硝酸脆弱地域では2013年5月17日から、新規の硝酸脆弱地域では2014年1月1日から施行）。

- (a) 農場管理者は、農場の農地に施用する有機質資材の施用量を、12か月間に窒素総量で250 kg/haを超してはならない。
- (b) 農場管理者は上記(a)項で規定された上限値を、農場管理者が認証を受けた植物廃棄物の堆肥ないし植物/食品廃棄物の堆肥の形態の有機質資材を、下記(c)と(d)項の要件を満たすなら、超えることができる。
- (c) 上記(b)項を行なおうとする農場管理者は、農場内の農地にヘクタールに施用する植物廃棄物の堆肥ないし植物/食品廃棄物の堆肥中の窒素総量が下記を超えないように確保しなければならない。
  - a) 堆肥をマルチとして散布する場合や土壌に混和する場合のいずれであっても、2年間の施用量が500 kgを超えない。
  - b) 果樹園（リンゴ属、ナシ属、サクラ属のもの）でマルチとして施用する場合に、4年間に1,000 kgを超えない。
- (d) 農場管理者は、(c)項に規定された農地に、a)およびb)にしたがって施用している期間内に他の有機質資材を施用してはならない。

#### ⑤ 固体有機質資材の野積みによる一時的貯留の許可

「硝酸汚染防止規則」で、家禽ふん等固体有機質資材の野積みによる一時的貯留は、野積み期間やその使用について記録を保持するなら、当初から許可されていた。この実施について、新たな条件が追加された（新旧硝酸脆弱地域とも、2014年1月1日から施行）。

- (1) 自立堆積物として堆積するのに十分な固形物であること
- (2) 堆積資材内から自然に廃液が流出してこないこと
- (3) 敷料のない家禽ふんは不透水性シートで被覆すること
- (4) 下記には設置してはならない
  - (a) 表流水（水路を含む）や農地排水路から10m以内
  - (b) 湧水、井戸、掘削孔から50m以内
  - (c) 冠水・湛水する可能性があると考えられる農地
- (5) 下記を行なわなければならない
  - (a) 少なくとも12か月ごとに一時的圃場堆積物を移動させる
  - (b) 同じ場所に戻るには、少なくとも2年間の間を置く
  - (c) 一時的圃場堆積に使用した場所と、使用した期日の記録を保持する

なお、水分が多すぎる有機質資材を貯留するには、建物内や不透水性盤での貯留といった別の方策を確保する必要がある。排出された液はスラリーに分類され、収集して貯留しなければならない。しかし、いったん十分量の廃液が漏出してより固形になったなら、一時的圃場堆積に移すことができる。

この規定から、敷料と混合された家畜排せつ物は一次堆肥化が終わって、汁液の漏出が納まれば、上記の条件を守りつつ、圃場に野積みできると理解できる。

## 2) 有機質資材の散布禁止場所と施用方法

「硝酸汚染防止規則」によって、下記の農地には有機質資材が常時施用禁止になっている。

- (a) 表流水(水路、一時的に乾いた水路、パイプ水路)の両側、少なくとも10mずつの範囲
  - (b) 湧水、井戸、掘削孔から少なくとも50 mの範囲
  - (c) 傾斜12度の急傾斜地
  - (d) 前24時間のうち、12時間超にわたって湛水、冠水、積雪ないし凍結している土壌(早朝に凍結していても日中に溶ける場合には施用を行なうことができる)
  - (e) 借地契約、悪臭理由、特別科学的重要な地、農業環境事業参加等による散布禁止地。ただし、特別科学的重要な地、農業環境事業参加地でも、ワラと混合した固形家畜ふんは、6月1日から10月31日の間に施用することができる。また、表流水に直接散布せずに、年間の総量がha当たり12.5トンを超えないなら、表流水の両側10mよりも近くに散布することができる。
  - (f) 石ころだらけや凸凹地で、散布機を効率的かつ安全に使用できない場所
- 2013年5月から、下記の改正が施行された。

- (a) 精密排せつ物散布装置(バンド状散布機\*や浅いインジェクター\*\*を用いて、スラリー、下水汚泥の嫌気消化液を散布する場合には、表流水から6m超離れていれば散布できる。

\*バンド状散布機：ホースの引きずり式や滑走部の引きずり式の散布機

\*\*浅いインジェクター：土壌表面下10 cmより浅い位置への注入式とドリブルバー施用式散布機

## 3) 速効性窒素含量の高い有機質資材の施用禁止期間

「硝酸汚染防止規則」によって従来から、速効性窒素含量の高い有機質資材(スラリー、家禽ふん、液状消化汚泥等、全窒素含量の30%超が作物に容易に吸収される形態の窒素となっている有機質資材)は、不適切な時期に施用すると水を汚染するリスクがかなり高い。それゆえ、こうしたタイプの有機質資材を散布してはならない「禁止期間」が設けられている。

- 砂質土壌ないし土層の浅い土壌：草地(9月1日～12月31日)、耕地(8月1日～12月31日)
  - 他の全ての土壌：草地(10月15日～1月31日)、耕地(10月1日～1月31日)
- 例外として下記を認める。

- (a) 2013年に初めて硝酸脆弱地域に指定された場合には、2015年7月を過ぎてから禁止期間を遵守する。

- (b) 砂質土壌ないし土層の浅い土壌の耕地に9月15日かそれ以前に作物を播種した場合、8月1日と9月15日の間（両日を含む）に有機質資材を施用することができる。
- (c) 有機農業者か正式の有機転換農業者の場合には、禁止期間中に下記の作物に最大量(150 kg N/ha)まで施用することが許される。
- (d) 冬作油料ナタネでは、禁止期間の開始日と10月末日の間に施用することができる。
- (e) アスパラガス、アブラナ科、イネ科牧草、越冬性サラダタマネギ（春に玉が大きくなるうちに、茎葉を収穫するもの）、球根タマネギでは、禁止期間の開始日と2月末日の間に施用できる。
- (f) 公認の有資格アドバイザーによるアドバイス書面に基づく場合は、禁止期間中であっても他の作物に施用できる。

#### 【参考文献】

- 1 European Commission (2013a) : Report from the Commission to the Council and the European Parliament on the implementation of Council Directive 91/676/EEC concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources based on Member State reports for the period 2008–2011. Brussels, 4.10.2013 COM (2013) 683 final.
- 2 European Commission (2013b) : Commission Staff Working Document Accompanying the document, Report from the Commission to the Council and the European Parliament on the implementation of Council Directive 91/676/EEC concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources based on Member State reports for the period 2008–2011. 101p. SWD (2013) 405 final.



## 5.2. 窒素循環変化が起こす環境問題の認識の変化<sup>(11)</sup>

人間活動による窒素循環の改変は、次のような環境問題を引き起こしている。窒素循環の改変は、一つの畜舎の付近の強い汚染から、全地球規模で現われる温室効果まで、様々な空間規模を持っている。

- 農地に与えられた窒素肥料の一部、および、作物消費による反応性窒素を含む畜産廃物や生活排水が環境中に出ることによって、地下水・河川水等が汚染される。また、湖沼や沿岸海洋水域の富栄養化が起き、その結果として特定種生物の大発生（赤潮・緑潮）、無酸素水塊の形成等が起きる。
- 燃焼によって大気へ窒素酸化物（NO<sub>x</sub>）が排出される。NO<sub>x</sub>は健康上有害であり、また対流圏オゾンの主成分とする光化学スモッグの原因物質ともなるが、一部は大気によって運ばれそこで降下沈着する。沈着には降水に伴う湿性沈着（酸性雨の一部）と、気体分子あるいはエアロゾル粒子として地表に達する乾性沈着の両方がある。これは陸上植生への害をもたらすこともあり、また水域への反応性窒素負荷に加わる。
- 農地に与えられた窒素肥料は、条件によっては、大気への一酸化二窒素（N<sub>2</sub>O）排出を増加させる。これは温室効果を強化し気候変動に寄与する。
- アンモニア合成に使われる化石燃料により大気へCO<sub>2</sub>が排出され、温室効果を強化し気候変動に寄与する。

## 5.3. 国際的な窒素循環研究の状況<sup>(12)</sup>

### （1）窒素循環に関する研究者の連合組織

国際窒素イニシアティブ（International Nitrogen Initiative, INI <http://www.initrogen.net>）がある。Scientific Committee on Problems of the Environment（SCOPE）と International Geosphere Biosphere Programme（IGBP）のそれぞれ一環とされている。5つの地域プロジェクト（アフリカ、東アジア、ヨーロッパ、ラテンアメリカ、北アメリカ、南アジア）がある。東アジアの代表は中国のYAN Xiaoyuan（顔曉元）教授（中国科学院南京土壤研究所）である。

日本からは八木一行・農業環境技術研究所研究コーディネーター等が継続的に参加している。

### （2）窒素循環アセスメント

国際的政策への活用を想定して、窒素循環の現状・対策技術・各対策技術に応じた将来見通し等の科学的知見を総括する活動が始まっている。これは気候変動枠組条約に対するIPCCの役割と類似で、科学研究および行政等の報告をレビューするものである。汚染による損失と対策費用の比較等の経済面のアセスメントも含む。

<sup>(11)</sup> （独）科学技術振興機構研究開発戦略センター戦略プロポーザル「持続的窒素循環に向けた統合的研究推進 2012」

<sup>(12)</sup> 同上

ヨーロッパでは、ヨーロッパ窒素循環アセスメント (European Nitrogen Assessment, ENA) が行われ、その結果が出版されている (Sutton ほか 2011)。

編者である Mark Sutton エジンバラ大学教授は、INI のヨーロッパ地域の代表でもある。

INI では全地球規模の窒素循環アセスメントを構想している。陸源海洋汚染防止条約 (GPA) あるいは生物多様性条約 (CBD) への貢献を想定している。

INI の北アメリカ地域センターでは、アメリカ合衆国の窒素循環の環境や健康への影響と気候変動との関係に関する評価報告書 (Suddick and Davidson, 2012) を出している。

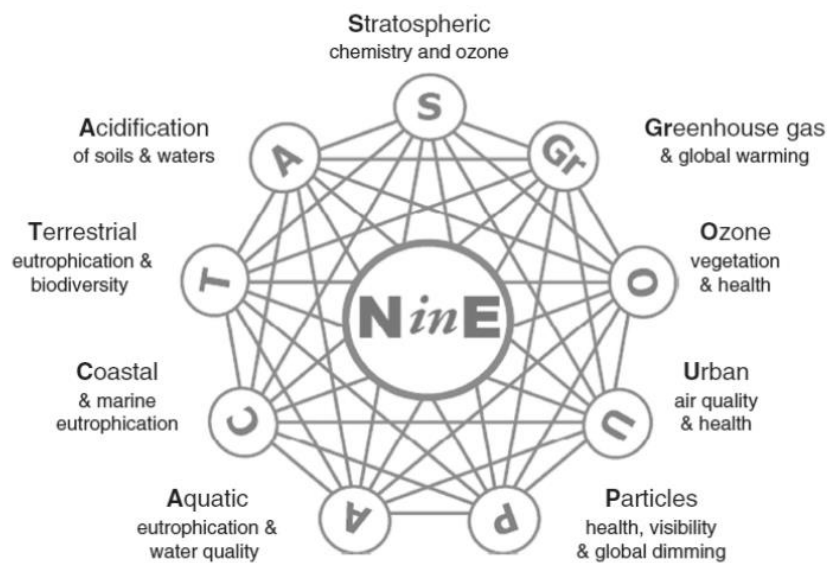


図 5.3-1 ヨーロッパにおける窒素循環 (N in E) と関連する環境問題を表すスキーム

注) 欧州科学財団 (European Science Foundation) の推進する窒素循環プログラムでは、窒素による主要な環境問題の頭文字を組み合わせて 'ACT AS GROUP' をキャッチコピーとしている。

(出典: The European Nitrogen Assessment, Edited by M. A. Sutton et al., 2011)

平成27年度 地下水保全のための硝酸性窒素等地域総合対策検討会  
委員名簿

委員	所属・役職
(座長)平田 健正	放送大学 和歌山学習センター所長
川越 吉廣	熊本県 環境生活部環境局 環境保全課 課長
高橋 茂	国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 中央 農業総合研究センター 土壌肥料研究領域 上席研究員
田瀬 則雄	筑波大学 名誉教授 産業技術総合研究所 招聘研究員
寺尾 宏	一般財団法人 自然学総合研究所 主任研究員
中川 啓	長崎大学 教授
羽賀 清典	一般財団法人 畜産環境整備機構 参与
林 誠二	国立研究開発法人 国立環境研究所 地域環境研究センター 土壌環境研究室 室長
三好 隆	茨城県 生活環境部技監 兼 環境対策課長
山本 光洋	熊本市 環境局 首席審議員 兼 水保全課長

(敬称略、50音順)