

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。

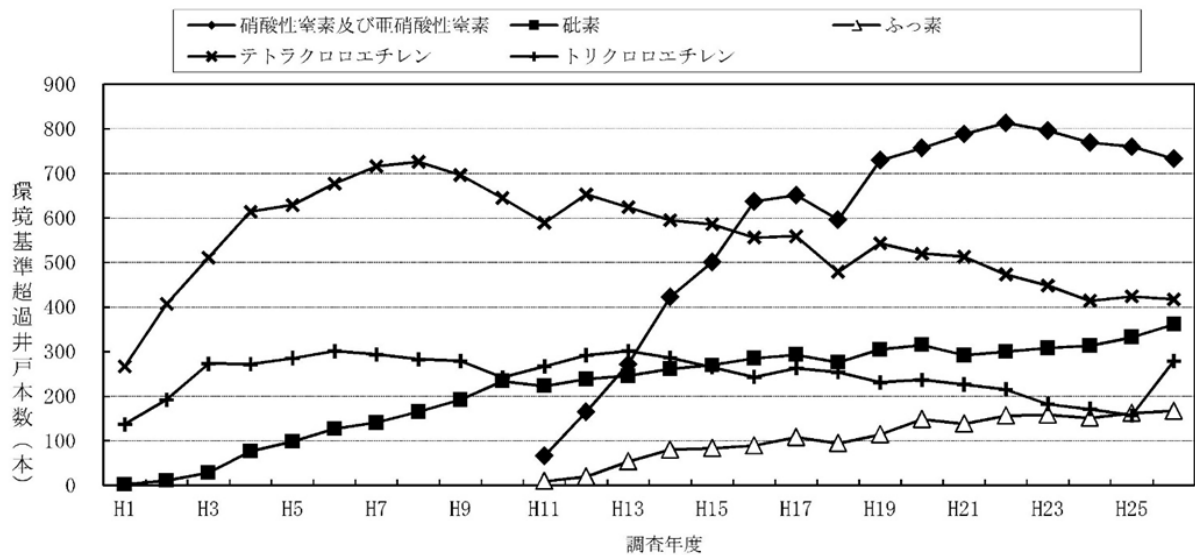
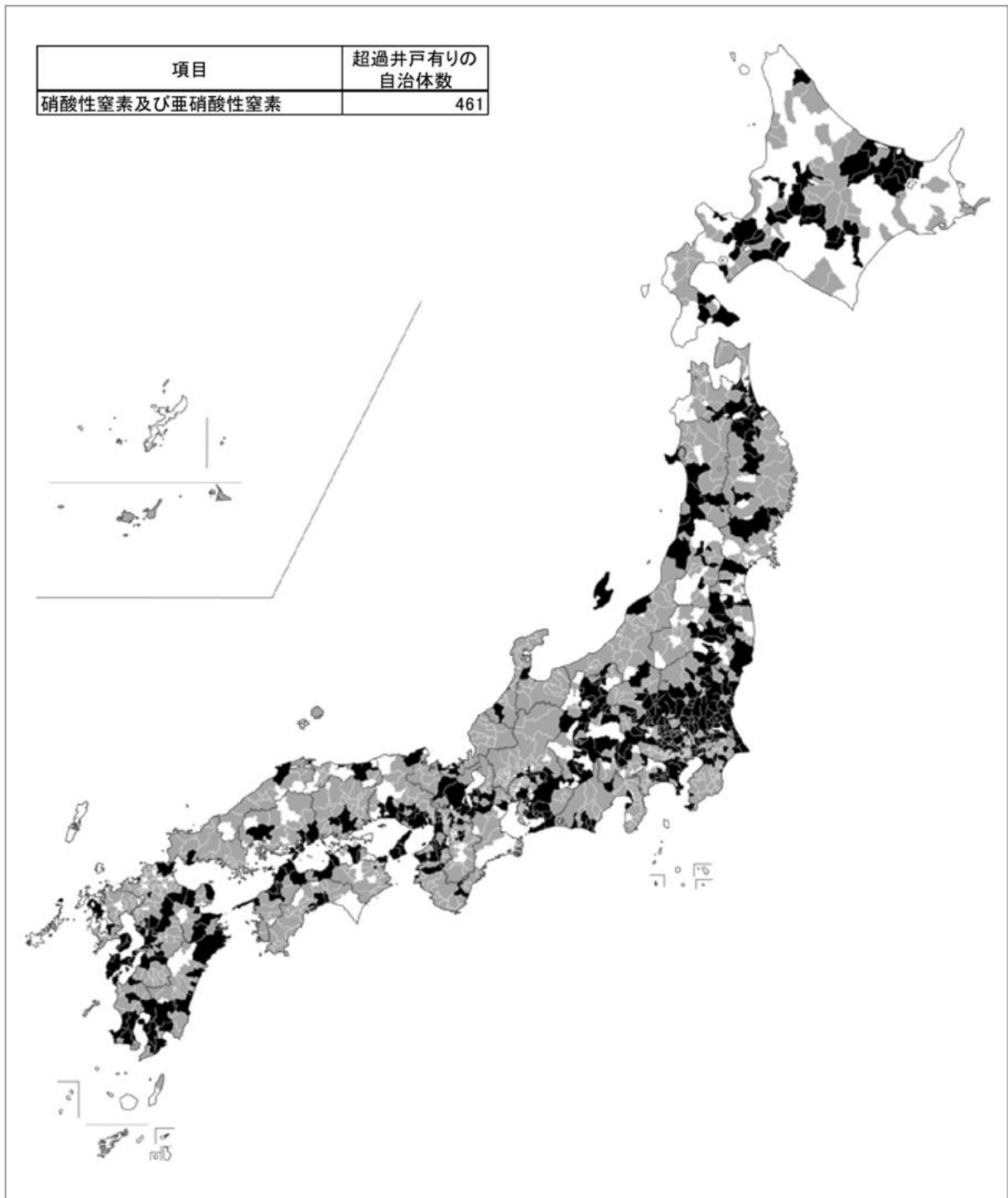


図 2.1-2 継続監視調査における環境基準超過井戸本数の推移

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も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。

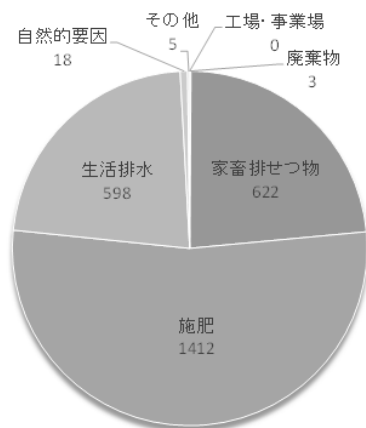


図 2.2-1 硝酸性窒素等による地下水汚染の原因（数字は件数）

## 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	策定期期 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。

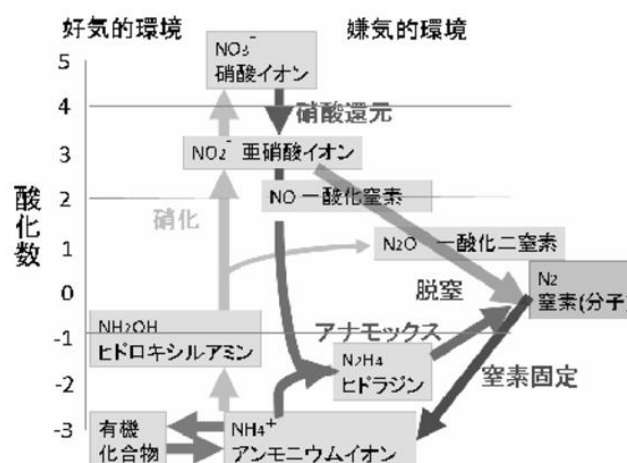


図3.1-1 環境中の窒素の形態と変換過程

(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。)

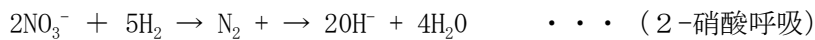
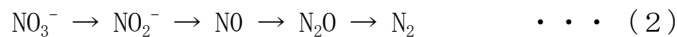
### (1) 硝化過程

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。

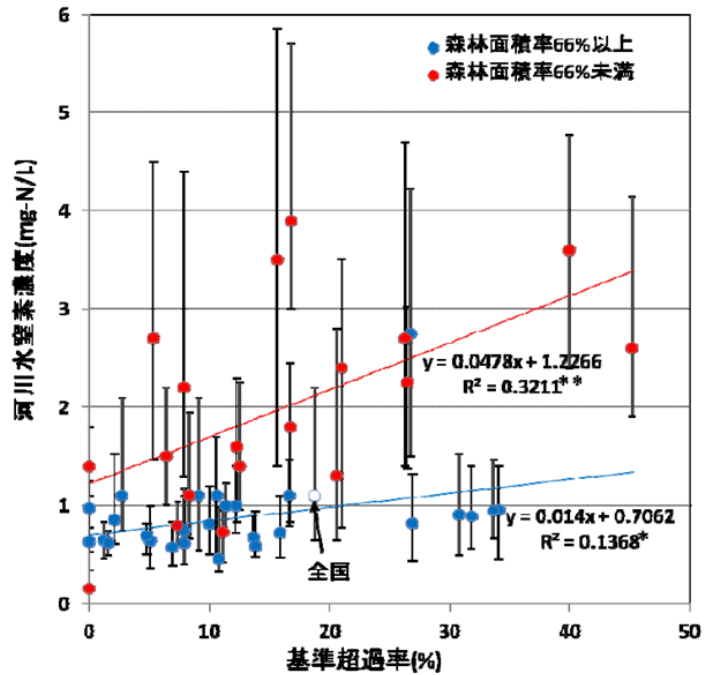


図3.2-1 観測井戸中の環境基準超過率（横軸）と河川水窒素濃度分布  
（中央値と75%値, 25%値）の比較

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。

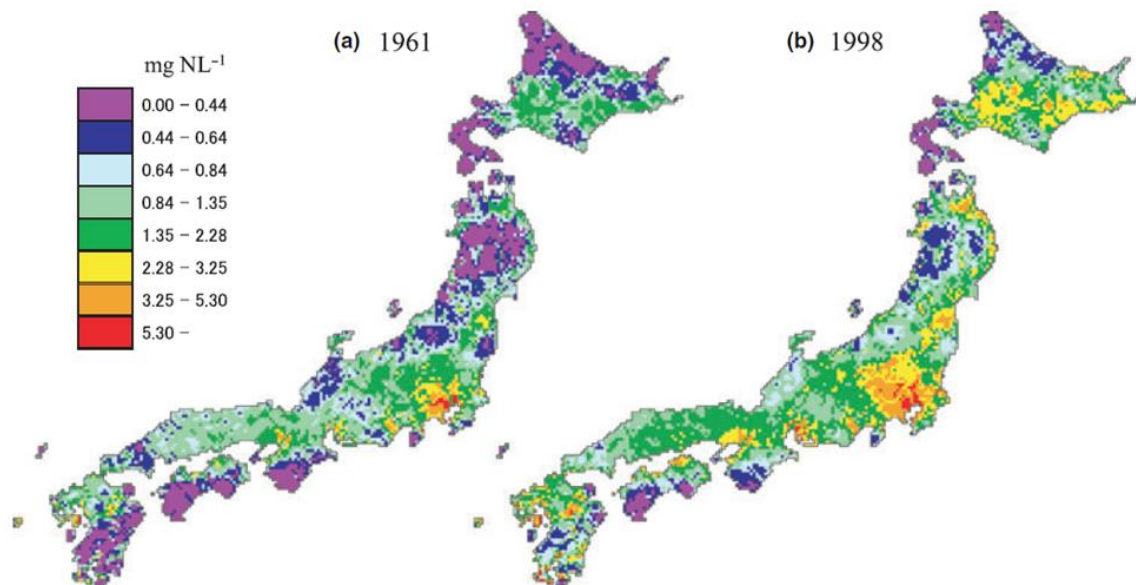


図 3. 2 - 2 河川水中の硝酸性窒素の推定濃度 (1961 年(左図)と 1998 年(右図) ; mgN/L)

(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)

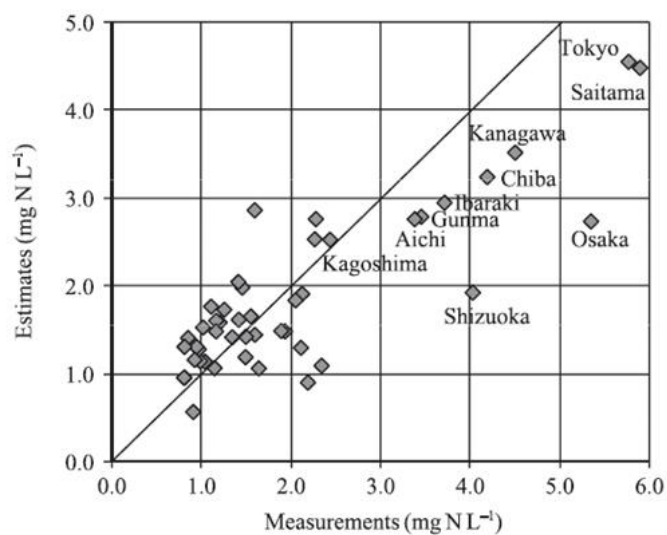


図 3. 2 - 3 河川水中の硝酸性窒素の推定濃度と平均実測濃度の関係 (1998 年)

(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。

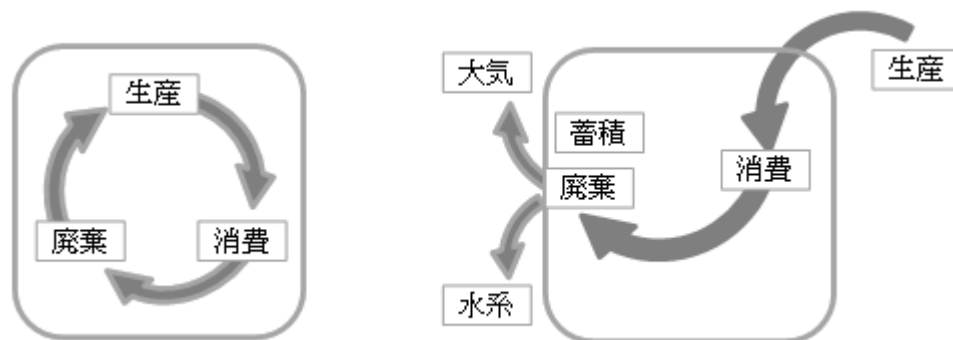


図4.1-1 理想的な資源循環型社会システム（左）と現在の社会システム（右）

□：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。

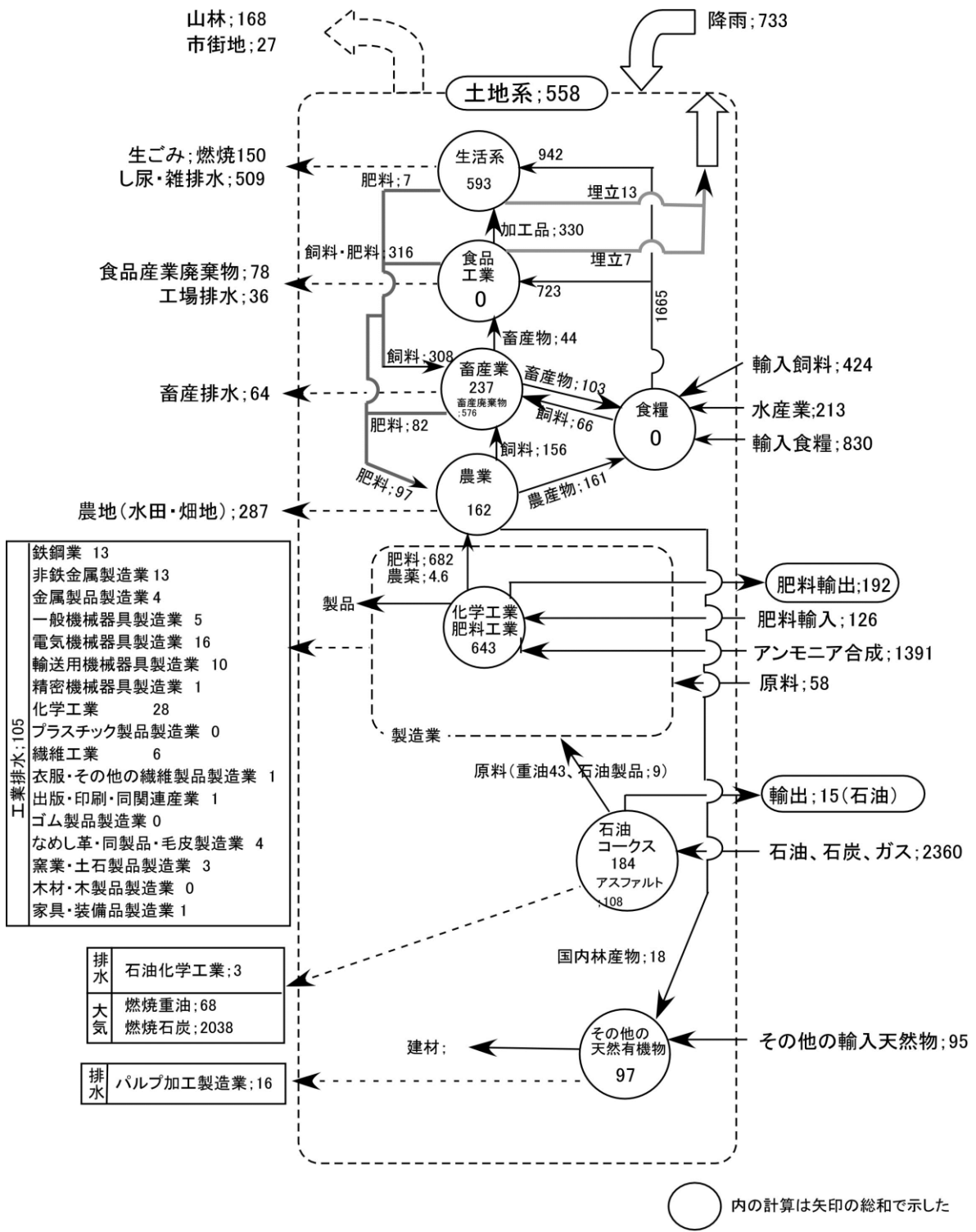


図 4. 1-2 我が国の窒素マテリアルフロー(2002年 単位: 千 t N/年)

(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。

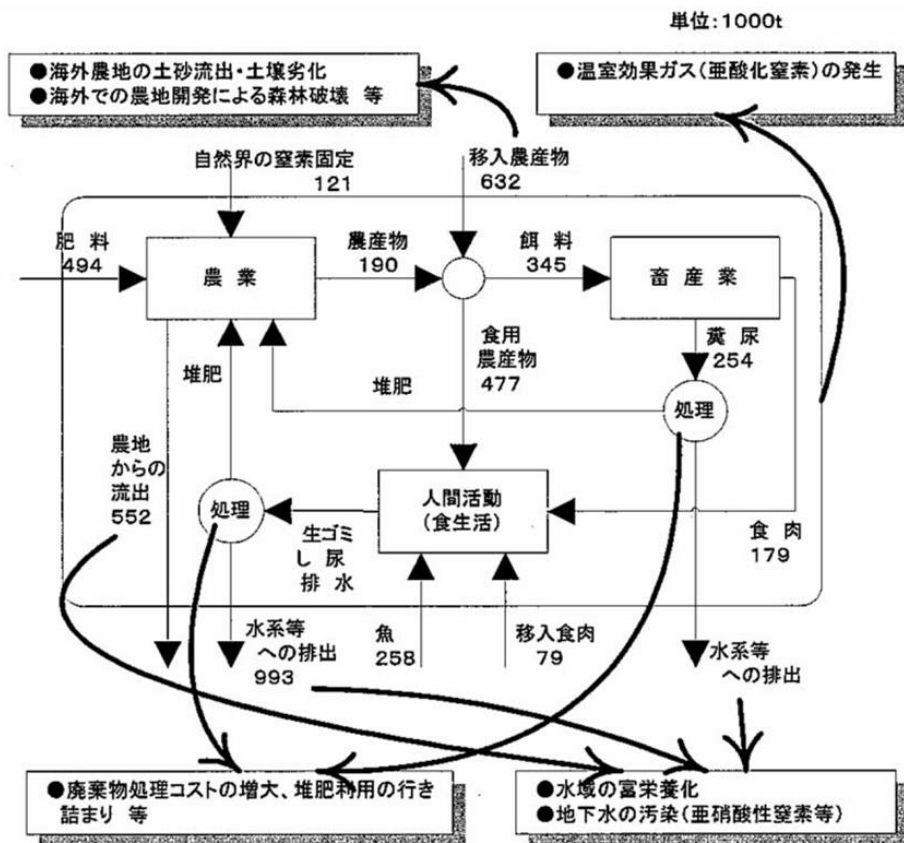


図 4. 1 - 3 日本の窒素収支(1998 年)と収支のアンバランスにより発生する問題群

(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。

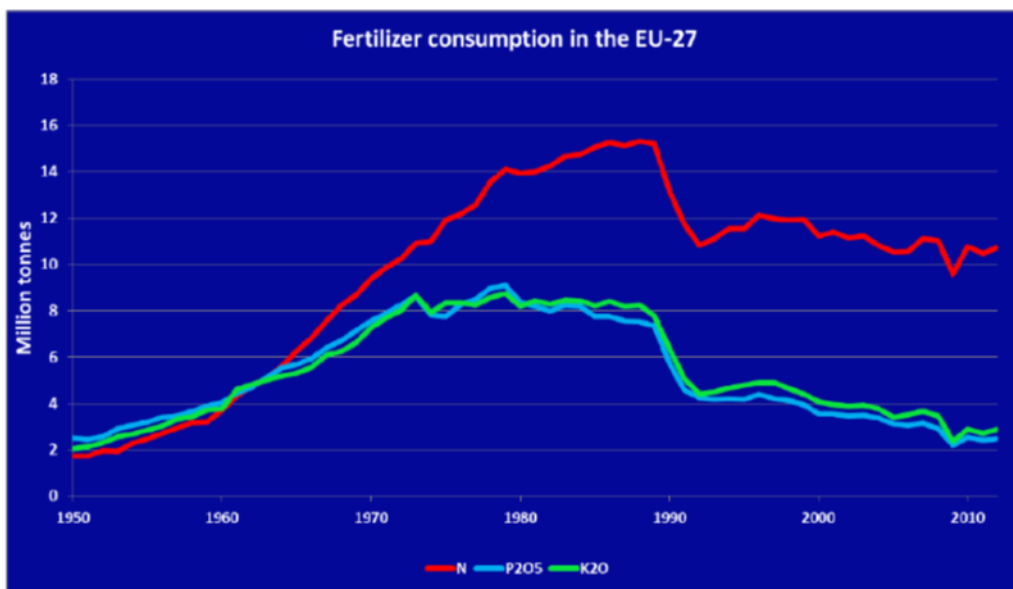


図5.1-1 EU加盟27カ国における肥料の使用量（出典：EC2013b）



## 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。

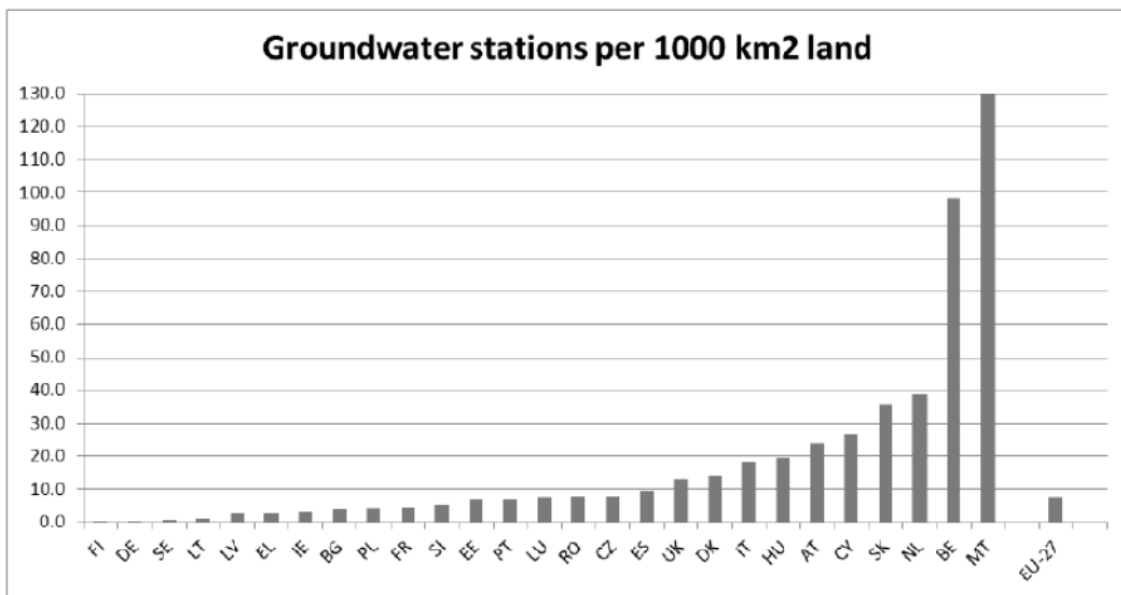


図5.1-2 EU加盟国の地下水モニタリング地点数（地点/1000km<sup>2</sup>）（出典：EC2013b）

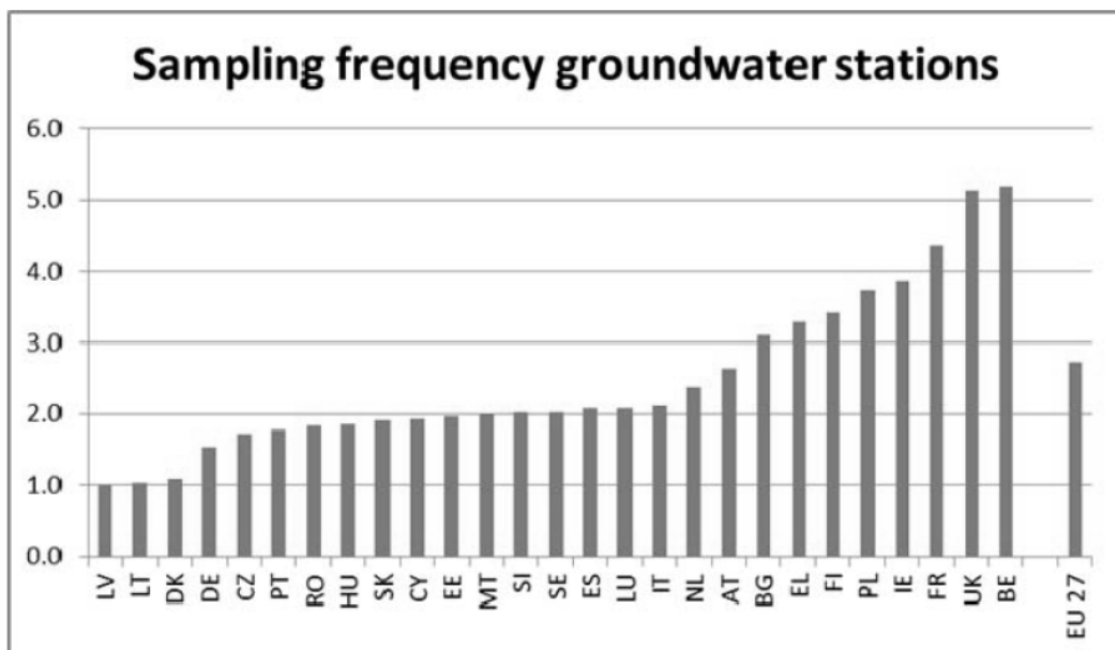


図5.1-3 EU加盟国の地下水モニタリング頻度（回/年）（出典：EC2013b）

### 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。

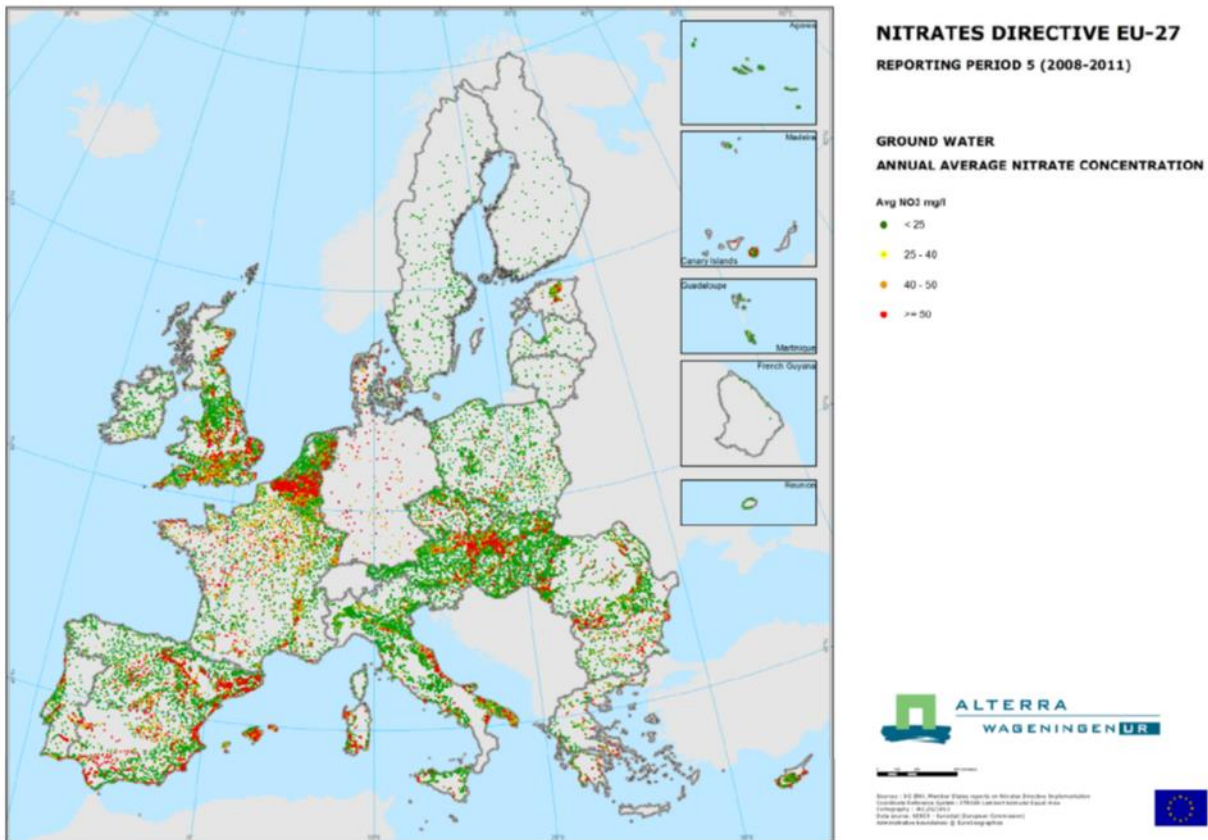


図5.1-4 EU加盟27カ国の地下水硝酸濃度の状況（出典：EC2013b）

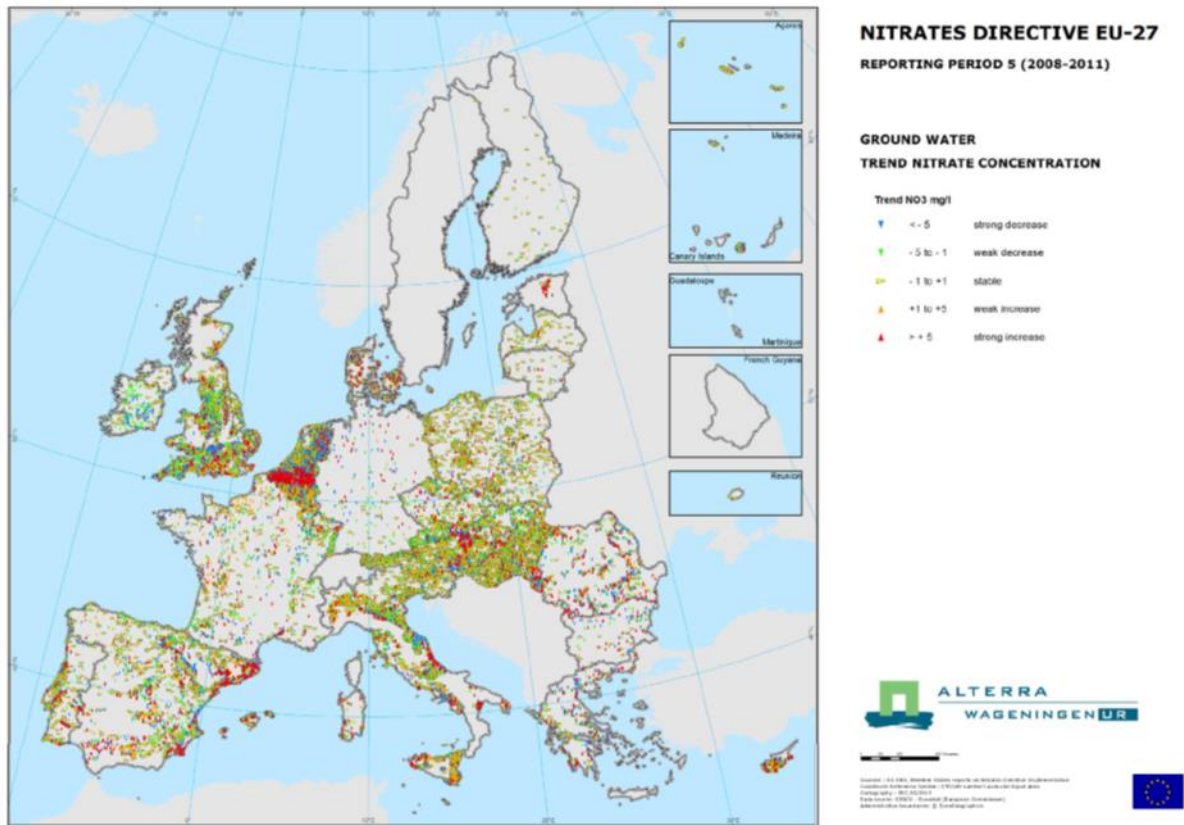


図 5. 1 - 5 EU 加盟 27 カ国の地下水硝酸濃度の傾向（出典：EC2013b）

#### 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、ベルギーのフランダース地方、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。

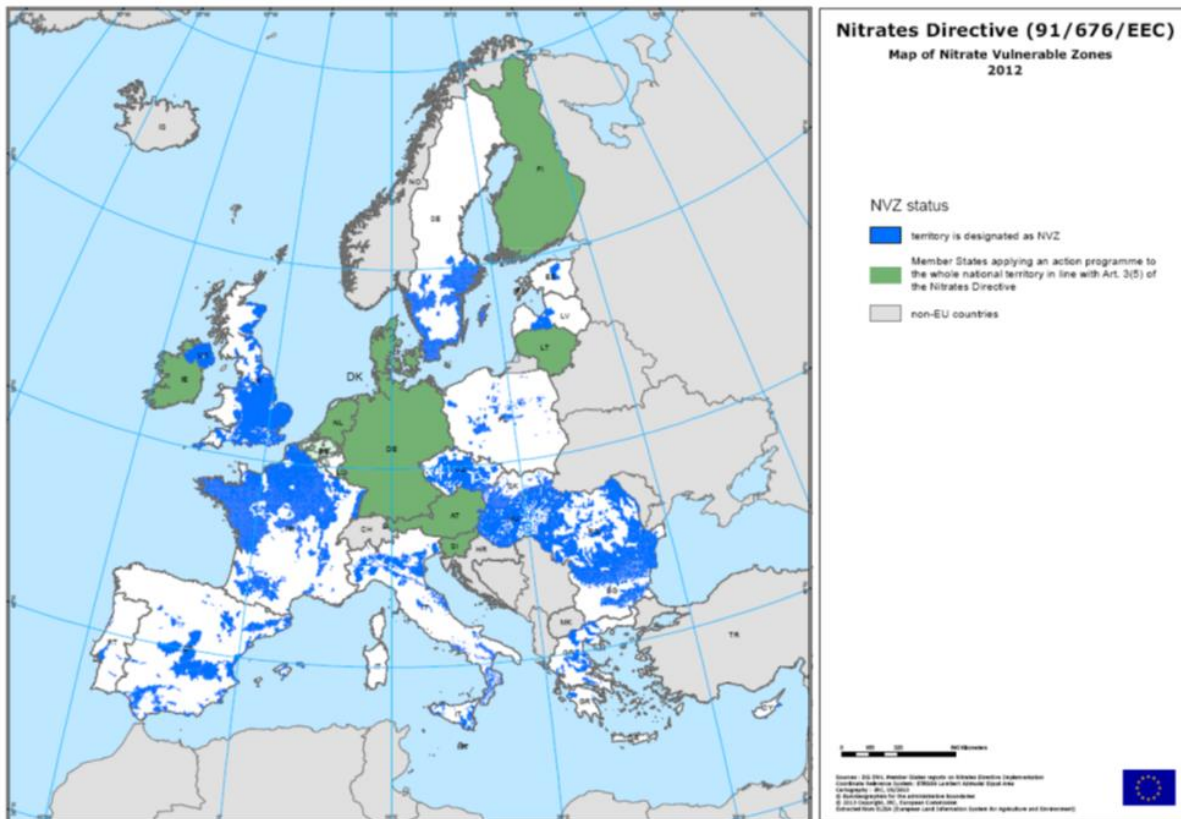


図 5. 1 - 6 硝酸脆弱地域の指定状況 (2012) (出典: EC2013b)

(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、家畜排せつ物用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. 窒素循環改変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。

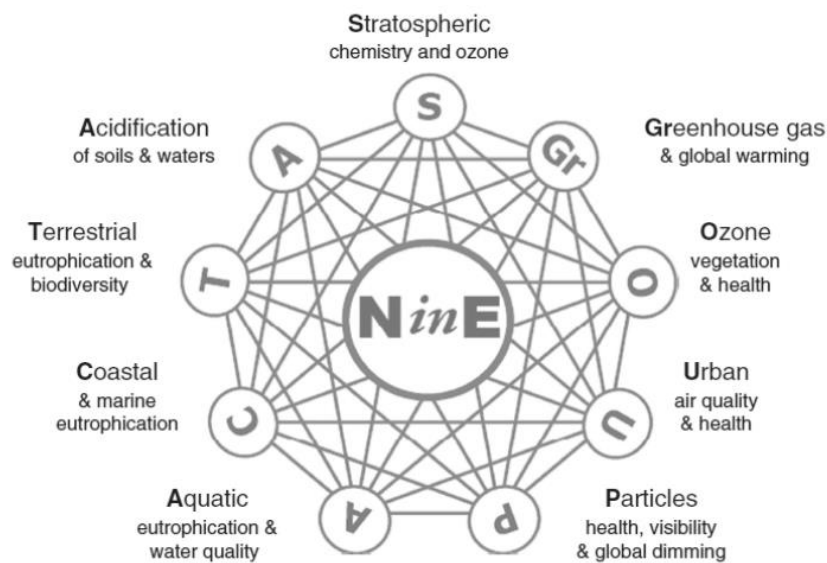


図 5.3-1 ヨーロッパにおける窒素循環 (N in E) と関連する環境問題を表すスキーム

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)