２．安全・安心な水環境のために（特定政策プロジェクト研究成果）

硝酸性窒素による地下水の汚染リスクと軽減対策

（北海道農耕地における硝酸性窒素による地下水の汚染リスクと軽減対策）

北海道立中央農業試験場 環境保全部 農業環境科・土壌生態科，生産環境部 栽培環境科
北海道立十勝農業試験場 生産研究部 栽培環境科，北海道立北見農業試験場 生産研究部 栽培環境科
北海道立地質研究所 環境地質部 水理地質科・環境工学科
北海道環境科学研究センター　企画総務部 環境 GIS 科，環境保全部 水質環境科

１．試験のねらい

農村地帯を中心に顕在化している硝酸性窒素[1)]による地下水汚染の現況を把握し，汚染リスク[2)]を評価するとともに，各種汚染軽減技術とその導入効果を提示し，総合的な対策の推進に役立てる。

２．試験の方法

1）汚染現況とリスク評価：自然要因による潜在的リスク評価法，水質分析による汚染源の特定法を検討。

2）汚染軽減技術:たまねぎ畑での耕盤層[3)]破砕処理,野菜畑での後作緑肥[4)]の有効利用法等を検討。

3）軽減技術導入効果の評価：各種汚染軽減技術の導入効果をモデル地域において予測・評価。

３．試験の結果

1）地下水の硝酸性窒素濃度が環境基準（10mg/L）を超える井戸の約 8 割は年間降水量が 800 mm 以下の地域に分布していた。

2）米国環境保護庁の DRASTIC 評価法を応用し，5 項目の自然要因（地下水面までの深さ，地下水涵養量，土壌の性質，地形，不飽和層の性質）から地下水の潜在的汚染リスクを評価できる（図 1)。窒素浄化能を持つ水田や全般に窒素投入量が少なく持ち出し量が多い牧草地に比べ，普通畑ではリスク区分と地下水の硝酸性窒素濃度実測値との間により明確な対応関係がある。

3）水質分析による汚染源の特定には硫酸イオン濃度と窒素安定同位体比の併用が有効である（表 1)。2)の手法で高リスク地域と判定されたモデル地域では，融雪水の浸透時期に地下水の硝酸性窒素濃度が環境基準を超えることが多く，肥培管理実態調査と水質分析から，この主因は過剰施肥にあると推定された。

4）たまねぎ畑における振動式全層破砕機による耕盤層破砕は,根張りの改善による 10%程度の増収と窒素吸収量の増加をもたらし，硝酸汚染のリスクを軽減する（表 2)。また，無機態窒素が土壌に残存しやすい露地野菜畑では，後作緑肥の導入と次作物での窒素減肥が汚染軽減に効果的である。播種期が早く 900℃以上の積算温度を確保できる場合には炭素率が低いシロカラシやひまわりが適し,播種期が遅く積算温度が 600～900℃の場合はイネ科緑肥（えん麦，えん麦野生種，ライ麦）が適する（表 3)。

5）モデル地域に対する各種汚染軽減技術の導入効果を窒素環境容量[5)]に対する投入窒素の超過量で評価すると,現状は平均 2.9 kg/10a であるが，土壌診断に基づく施肥量の適正化で-0.6 kg/10a に低下し，これに振動式全層破砕処理や後作緑肥を導入すると-1.2 kg/10a まで削減でき，地域全体で汚染が軽減される方向に進むと予測された（図 2)。

用語解説

1）**硝酸性窒素**：窒素の存在形態のひとつで，水に溶けて移動しやすい。自然界に普通に存在し，植物の養分でもあるが，高濃度に含む飲用水は乳幼児に健康被害を及ぼす恐れがあるとされる。

2）**リスク**：危険性の程度

3）**耕盤層**：大型機械の踏圧等により形成された作土直下の堅密な土層

4）**後作緑肥**：主作物の収穫後に栽培する緑肥

5）**窒素環境容量**：環境基準の範囲内で農業生産を行いうる窒素の投入限界量

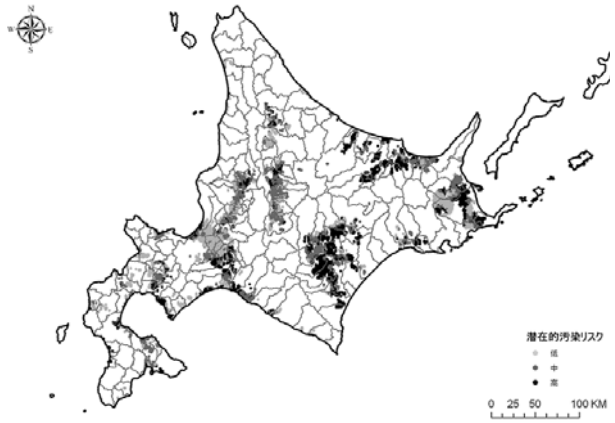


図１　自然要因による地下水の潜在的汚染リスク区分
（高，中，低の３区分．黒色が濃いほどリスク高）

表 2　たまねぎ圃場における振動式全層破砕処理の効果

耕盤層破砕処理	例数	収量比	窒素吸収量
		%	kg/10a
無施工	10	(5,731)	10.9
全層破砕		112	12.4
心土破砕	6	(7,145)	10.6
全層破砕		108	12.0

注1)H17～19年、北見農試・現地の平均。
注2)括弧内の数値は実数(kg/10a)。

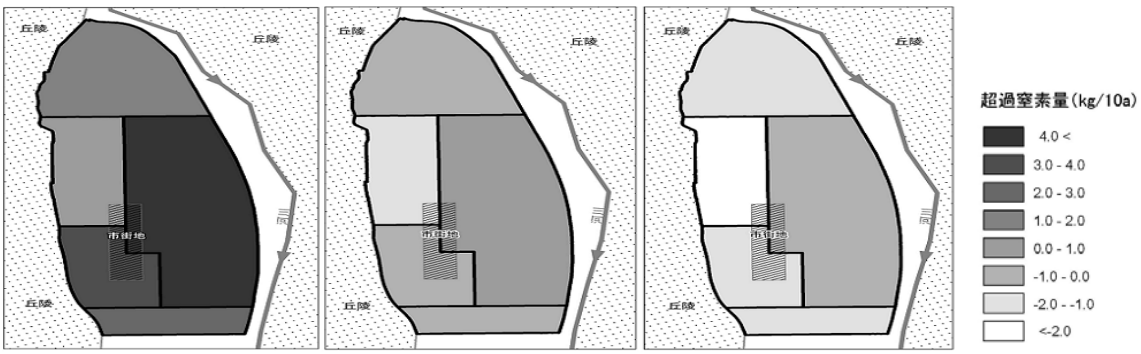
表１　水質分析による汚染源の判別基準

硫酸イオン濃度 ＼ 窒素安定同位体比	0.77 meq/L 未満	0.77 meq/L 以上
8 ‰ 以上	△化学肥料(硫酸塩肥料)の影響は小さい ◎堆肥，家畜排泄物，生活排水による汚染が大きい	◎化学肥料(硫酸塩肥料)の影響が大きい ◎堆肥，家畜排泄物，生活排水による汚染も大きい
8 ‰ 未満	◎化学肥料全般の影響は大きいが，硫酸塩肥料のウェイトは小さい △堆肥，家畜排泄物，生活排水による汚染は小さい	◎化学肥料全般の影響が大きく，なかでも硫酸塩肥料の影響が大きい △堆肥，家畜排泄物，生活排水による汚染は小さい

表３　後作緑肥の播種期別生育量（無窒素栽培）と窒素吸収量の目安及び次作物での対応

緑肥作物	地帯	晩限(月/旬) 播種	晩限(月/旬) 生育	栽培期間積算温	乾物生産量(kg/10a	窒素吸収量(kg/10a	炭素率(C/N比)	窒素飢餓の有無	窒素放出時期	次作の窒素減肥可能
シロカラシ・ひまわり	A	8/中	10/上	900～	300～	8～13	12～20・15～20	無	翌年春～	3～5・2～4
	B	8/中～下	10/中							
	C	8/下	10/下							
イネ科緑肥(えん麦、えん麦野生種、ライ麦など)	A	8/中	10/上	900～	350～	7～11	20～30	無～有	翌年春又は夏～	0～4
	B	8/中～下	10/中							
	C	8/下	10/下							
	A	8/下	10/上	600～900	100～350	4～7	10～20	無	翌年春～	0～3
	B	8/下～9/	10/中							
	C	9/中	10/下							

注1)A地帯は後志中部、胆振東部、上川南部・北部、十勝北部、網走の一部の地区を示す。
B地帯は渡島北部、後志北部、石狩全域、空知全域、上川中部、十勝中部、網走の一部の地区を示す。
C地帯は渡島南部、檜山全域、胆振西部、日高中部、留萌中部の地区を示す。
その他の地区については近隣の地区を参考とする。
注2)生育晩限は最低気温が2.0℃未満となる最初の時期を示す。播種晩限はその時期から遡った積算温度に対応した時期
注3)播種時期が遅い場合は、緑肥作物の生育が小さいので、すき込み時期を可能な限り遅らせるのが望ましいが、
粘質土壌で降雨の影響によりすき込めない場合には、無理に行わず翌年春にすき込む。
注4)線虫害発生圃場ではえん麦野生種が適す。



①現状　②改善A(施肥量の適正化)　③改善B(②＋全層破砕＋後作緑肥導入)

図２　モデル地域における超過窒素量の現状と各種汚染軽減対策による改善シミュレーション